С. Кравковъ.



ИЗСЛѢДОВАНІЯ

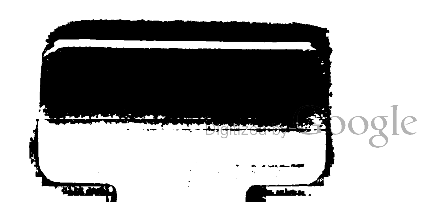
ВЪ ОБЛАСТИ ИЗУЧЕНІЯ РОЛИ

МЕРТВАГО РАСТИТЕЛЬНАГО ПОКРОВА

ВЪ ПОЧВООБРАЗОВАНІИ.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типографія М. М. Стасюлевича, Вас. остр., 5 лин., 28.
1911.



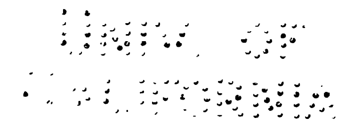
С. Кравковъ.

ИЗСЛѢДОВАНІЯ

ВЪ ОБЛАСТИ ИЗУЧЕНІЯ РОЛИ

МЕРТВАГО РАСТИТЕЛЬНАГО ПОКРОВА

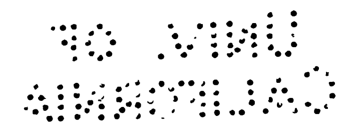
ВЪ ПОЧВООБРАЗОВАНІИ.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типографія М. М. Стасюлевича, Вас. остр., 5 лин., 28.
1911.



4250



По опредѣленію Физико-Математическаго Факультета Императорскаго С.-Петербургскаго Университета печатать разрѣшается.

Деканъ Профессоръ *В. Шимкевичъ.*

75с

Оглавленіе.

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Различные растительные остатки, въ видѣ отмирающихъ ежегодно листьевъ, стеблей, корней и пр., попадающіе на поверхность почвы и въ верхніе горизонты ея, должны быть признаны однимъ изъ важнѣйшихъ факторовъ почвообразованія—въ силу того, что объекты эти принимаютъ самое близкое и непосредственное участіе во всѣхъ физическихъ и химико-біологическихъ процессахъ, совершающихся въ почвѣ. Дѣйствительно, скопляясь часто на дневной поверхности послѣдней въ видѣ мертваго растительнаго покрова, и являясь, такимъ образомъ, какъ бы посредствующимъ звеномъ между верхними горизонтами почвы — съ одной стороны, и атмосферой — съ другой, объекты эти не могутъ, конечно, не играть, прежде всего, весьма важной роли въ явленіяхъ физическаго характера, происходящихъ въ почвѣ: процессы распредѣленія въ послѣдней влаги, тепла, степень проницаемости ея для воздуха и пр.,—все это такія явленія, которыя находятся въ непосредственной связи съ количествомъ и характеромъ накопляющейся растительной массы. Комбинація же всѣхъ упомянутыхъ физическихъ явленій не можетъ, въ свою очередь, не отражаться и на ходѣ цѣлаго ряда химическихъ, а тѣмъ болѣе—біологическихъ процессовъ, совершающихся въ почвѣ.

Несравненно однако существеннѣй и разнообразнѣй рисуется намъ непосредственное участіе мертвыхъ растительныхъ остатковъ въ химизмѣ почвы: процессы разложенія ихъ съ выдѣленіемъ такихъ энергичныхъ агентовъ вывѣтриванія, какъ CO_2 и цѣлый рядъ другихъ органическихъ и минеральныхъ кислотъ, отщепленіе различныхъ зольныхъ соединеній при процессахъ минерализаціи растительныхъ остатковъ, вмываніе всѣхъ этихъ продуктовъ въ почву, рядъ сложнѣйшихъ реакцій обмѣна, происходящихъ въ этой послѣдней при упомянутыхъ „иллювіальныхъ" явленіяхъ, процессы растворенія этими продуктами составныхъ частей почвы, или, наоборотъ, закрѣпленія послѣдней части притекающихъ растворовъ, и пр. и пр.,—все это такіе процессы, которые часто могутъ послужить исходной причиной даже полнаго метаморфоза данной почвенной единицы, какъ опредѣленнаго типа.

Едва-ли имѣется необходимость указывать, наконецъ, на ту роль, которую играютъ отмирающіе растительные остатки въ біологическихъ процессахъ, совершающихся въ почвѣ. Достаточно только указать на то, что присутствіе разлагающейся органической массы въ почвѣ представляетъ собой наилучшую арену для развитія микроскопической флоры,—чтобы представить, въ какомъ широкомъ масштабѣ должны происходить при этомъ въ поверхностныхъ горизонтахъ почвы разнообразные процессы гніенія, броженія, разложенія и т. п , вызываемые жизнедѣятельностью микроорганизмовъ.

Ближайшее изученіе всѣхъ упомянутыхъ выше физическихъ и химико біологическихъ процессовъ, происходящихъ въ почвѣ,— при непосредственномъ и ближайшемъ участіи разлагающихся растительныхъ остатковъ, должно представлять собой, въ силу сказаннаго, одну изъ важнѣйшихъ страницъ какъ научнаго теоретическаго

почвовѣдѣнія, такъ и земледѣлія, будучи неразрывно и тѣсно связано съ вопросомъ о плодородіи почвъ.

Если мы обратимся теперь къ литературѣ всѣхъ этихъ вопросовъ, то убѣдимся, что степень разработанности и выясненности ихъ — далеко не соотвѣтствуетъ тому значенію, которое имѣютъ всѣ эти вопросы для почвовѣдѣнія и агрономіи. Какъ мы въ томъ убѣдимся изъ послѣдующаго изложенія, довольно подробно-разработанной является лишь одна сторона даннаго обширнаго вопроса, а именно — вліяніе мертваго растительнаго покрова на физическія свойства почвы. Работы Ebermayer'a, Wollny, Ramann'a и др. даютъ въ этой области часто исчерпывающій матеріалъ.

Но если мы обратимъ вниманіе на химическую сторону даннаго вопроса, то часто можемъ убѣдиться въ полномъ почти отсутствіи экспериментальной разработки даже и наиболѣе общихъ, кардинальныхъ, сторонъ его. Разсмотрѣніе въ дальнѣйшемъ соотвѣтствующей литературы подтвердитъ намъ справедливость этого положенія.

Эти соображенія и заставили меня, много лѣтъ назадъ, подвергнуть послѣдовательному и систематическому изученію этотъ интересный и важный вопросъ — о роли мертвыхъ растительныхъ остатковъ въ химизмѣ почвы. Первыя мои работы въ этой области произведены были подъ непосредственнымъ руководствомъ и по мысли Prof. E. Ramann'a (Мюнхенъ), которому и считаю своимъ непремѣннымъ долгомъ выразить здѣсь глубокую благодарность. Дальнѣйшія изслѣдованія производились въ Агрономической Лабораторіи С.-Петербургскаго Университета.

Въ разработкѣ затрагиваемыхъ вопросовъ суще-

ственную помощь, въ смыслѣ накопленія аналитическаго матеріала, оказали мнѣ мои ученики — тѣ студенты-сотрудники, которые работали послѣдніе годы подъ моимъ руководствомъ въ Агрономической Лабораторіи С.-Петербургскаго Университета Нѣкоторымъ же изъ нихъ, какъ, напр., гг. Аболенскому, Петрову и Розову поручена была и самостоятельная разработка нѣкоторыхъ, небольшихъ, вопросовъ въ этой области. Цѣнные также результаты для моей задачи добыты въ нашей Лабораторіи оставленнымъ при Университетѣ Б. Н. Одинцовымъ. Всѣмъ упомянутымъ лицамъ считаю необходимымъ выразить здѣсь свою искреннюю признательность.

Я далекъ, конечно, отъ мысли считать добытые результаты окончательными, или сколько-нибудь исчерпывающими данный, можно сказать, необъятный вопросъ. Почти полнымъ отсутствіемъ, однако, какихъ-либо предшествующихъ экспериментальныхъ работъ въ области большинства вопросовъ, затрагиваемыхъ тремя послѣдними главами настоящей работы, я хотѣлъ бы оправдать всю, хорошо сознаваемую мною самимъ, неполноту и незаконченность сообщаемыхъ данныхъ. Кромѣ того, описательное почвовѣдѣніе, какъ извѣстно, настолько далеко ушло въ настоящее время впередъ отъ экспериментальнаго, что сплошь и рядомъ приходится цѣлый рядъ, даже основныхъ, почвенныхъ вопросовъ рѣшать, за неимѣніемъ опытной разработки ихъ, — путемъ лишь логическихъ, умозрительныхъ предположеній. Съ этой точки зрѣнія — экспериментальную разработку многихъ вопросовъ почвовѣдѣнія, хотя бы даже въ общихъ схематическихъ чертахъ, нельзя не признать въ настоящее время настоятельно необходимой.

Прежде чѣмъ приступить теперь къ изложенію добытыхъ данныхъ — я считаю своей непремѣнной обязан-

ностью выразить Физико-Математическому Факультету С.-Петербургскаго Университета глубочайшую благодарность за ту матеріальную поддержку, которая была мнѣ оказана въ дѣлѣ печатанія настоящей работы.

С.-Петербургъ,

Сентябрь 1911 г.

ГЛАВА I.

О водныхъ свойствахъ мертвыхъ растительныхъ остатковъ.

Влагоемкость различныхъ растительныхъ остатковъ. (Работы Krutsch'a, Heiden'a, Ebermayer'a, Wollny, Riegler'a и др.) Изслѣдованіе на влагоемкость образцовъ лѣсной подстилки изъ различныхъ кварталовъ Велико-Анадольскаго лѣса, Екатеринославской губ. Вліяніе состава насажденія и возраста его. Количество накопляющейся подстилки въ различныхъ кварталахъ Велико-Анадольскаго лѣса. Роль лѣсной подстилки лиственныхъ лѣсовъ въ процессахъ увлажненія почвы. Лѣсная подстилка изъ-подъ хвойныхъ насажденій. Влагоемкость ея. Роль этой подстилки въ процессахъ увлажненія почвы подъ хвойными лѣсами. „Степной войлокъ". Влагоемкость его. Роль „войлока" въ процессахъ увлажненія степныхъ почвъ.
Водопроводимость лѣсныхъ подстилокъ изъ-подъ лиственныхъ и хвойныхъ насажденій. Водопроводимость „степного войлока".
Испаряемость всѣхъ этихъ объектовъ.
Капиллярныя свойства ихъ. Общія соображенія.

Различные растительные остатки, въ видѣ отмирающихъ ежегодно стеблей, вѣтвей, листьевъ и пр., накопляются иногда на поверхности почвы, какъ извѣстно, въ весьма значительныхъ количествахъ. Такой мертвый растительный покровъ („лѣсная подстилка" — въ лѣсахъ, „степной войлокъ" — на поверхности дѣвственныхъ степныхъ почвъ и т. п.), являясь какъ бы посредствующимъ звеномъ между всѣми явленіями, совершающимися въ окружающей атмосферѣ — съ одной стороны, и сложнымъ комплексомъ разнообразныхъ процессовъ, которыми живутъ дневные горизонты почвы — съ другой, —

долженъ быть признанъ однимъ изъ важнѣйшихъ моментовъ, опредѣляющихъ, прежде всего, характеръ и интенсивность физическихъ явленій, совершающихся въ почвѣ. Колебанія окружающей t°, осадки и т. п. — всѣ эти атмосферическія явленія лишь постольку могутъ отражаться на ходѣ физическихъ процессовъ, совершающихся въ почвѣ, поскольку они встрѣтятъ въ покрывающемъ почву мертвомъ растительномъ покровѣ себѣ союзника или, наоборотъ, антагониста.

Однако, для того, чтобы ближе подойти къ рѣшенію этого вопроса и возможно полнѣе уяснить себѣ значеніе мертваго растительнаго покрова въ ходѣ физическихъ процессовъ, совершающихся въ почвенной средѣ, — необходимо предварительно подвергнуть анализу самый объектъ изученія—съ точки зрѣнія физическихъ свойствъ его самого: насколько быстро и полно въ состояніи онъ проводить черезъ себя выпадающую атмосферную влагу, въ какой мѣрѣ способенъ онъ предохранять почву отъ испаренія, въ какихъ количествахъ способенъ онъ задерживать въ себѣ воду, какова его теплоемкость и теплопроводимость и пр. и пр. Только изучивши предварительно эти свойства растительнаго мертваго покрова,—возможно будетъ подойти и къ рѣшенію болѣе общаго вопроса,—роли этого объекта вообще въ распредѣленіи въ почвенной средѣ влажности, тепла и другихъ атмосферныхъ агентовъ.

Самая методика изслѣдованія физическихъ свойствъ растительныхъ остатковъ не представляетъ собой, быть можетъ, особыхъ затрудненій [1]), но цифры этихъ анализовъ, даже по отношенію къ одному и тому же растительному объекту, должны получаться, разсуждая a priori, часто совершенно разнородныя. Дѣйствительно, въ какой степени измельченія взятъ тотъ или

[1]) Впрочемъ—какихъ-либо опредѣленныхъ нормъ въ этомъ отношеніи до сихъ поръ совершенно еще не выработано; въ частности—по отношенію къ методу опредѣленія тепловыхъ свойствъ этихъ объектовъ (ихъ теплоемкости, теплопроводности и т. п.) въ литературѣ не имѣется даже и указаній.

другой матеріалъ, въ какой стадіи разложенности, какъ плотно лежитъ этотъ объектъ въ природныхъ условіяхъ, каковъ его химическій составъ (что̀ находится въ свою очередь въ прямой и тѣсной зависимости отъ физико-химическаго состава почвы, создавшей этотъ растительный объектъ, отъ условій погоды, и т. д.) и пр.,—все это такія условія, которыя не могутъ, конечно, не играть существенной роли въ измѣненіи, то въ ту, то въ другую сторону, физическихъ свойствъ (влагоемкости, водопроводимости, воздухопроницаемости, теплоемкости и т. п.) того или другого растительнаго объекта. Съ этой точки зрѣнія мнѣ представляется значительно болѣе естественнымъ и цѣлесообразнымъ подвергать изученію со стороны ихъ физическихъ свойствъ, — не различные растительные остатки, взятые въ отдѣльности (напр. листья дуба, березы, хвою ели, солому того или другого злака и т. п.), и отсюда дѣлать тѣ или другія обобщенія, а остановиться на подробномъ изученіи въ этомъ отношеніи естественныхъ скопленій отмершихъ растительныхъ остатковъ, которыя (скопленія) намъ приходится наблюдать въ различныхъ физико-географическихъ районахъ подъ различными растительными формаціями. Изученіе этихъ объектовъ въ томъ видѣ, какъ даны они намъ самой природой, позволитъ намъ ближе уяснить себѣ ту роль, которую играютъ они, при естественныхъ условіяхъ, въ процессахъ почвообразованія. Конечно, природа даетъ намъ въ этомъ отношеніи слишкомъ много самыхъ разнообразныхъ комбинацій (съ точки зрѣнія состава мертваго растительнаго покрова, его мощности, степени разложенности и т. д.), чтобы можно было бы расчитывать на возможность скораго и всесторонняго изученія даннаго вопроса,—съ этой точки зрѣнія нельзя, конечно, отрицать важности и даже необходимости изслѣдованія и отдѣльныхъ ингредіентовъ, входящихъ въ составъ того или другого покрова и, на основаніи комбинированія свойствъ этихъ отдѣльныхъ ингредіентовъ, составлять въ каждомъ случаѣ болѣе

или менѣе опредѣленныя заключенія, — но несомнѣнно, что непосредственное изученіе того или другого мертваго растительнаго покрова, какъ опредѣленнаго типа, — представитъ собой значительно болѣе глубокій интересъ.

Между тѣмъ, если мы обратимся къ литературѣ даннаго вопроса, то убѣдимся, что, несмотря на довольно обширный имѣющійся матеріалъ, все же громадное большинство изслѣдователей оперировало именно съ отдѣльными растительными объектами (съ листьями той или другой древесной породы, съ соломой различныхъ злаковъ и т. п.) и слишкомъ мало обращало вниманія на естественные комплексы, а если и подвергало изслѣдованію также и эти послѣдніе, то имѣя почти всегда въ виду лишь тотъ объектъ, который скопляется въ лѣсахъ въ формѣ „лѣсной подстилки", оставляя безъ вниманія другія аналогичныя образованія. Укажу, напр., что такъ называемый „степной войлокъ", скопляющійся на поверхности дѣвственныхъ степныхъ почвъ и играющій такую важную роль въ генезисѣ послѣднихъ, остается до сихъ поръ, можно сказать, совершенно не изученнымъ — если не считать отрывочнаго указанія на нѣкоторыя физическія свойства этого объекта, приведеннаго въ одной изъ моихъ давнихъ работъ [1]).

Главной задачей моей настоящей работы, какъ я оговорился въ предисловіи, является изученіе мертваго растительнаго покрова, какъ фактора, опредѣляющаго химическіе процессы, совершающіеся въ почвѣ, но въ виду того, что у меня накопился въ настоящее время довольно большой матеріалъ по отношенію къ упомянутому объекту и со стороны оцѣнки его какъ физическаго фактора почвообразованія — я считаю необходимымъ въ I-й главѣ привести предварительно всѣ полученныя мною въ этомъ направленіи данныя, — тѣмъ

---

[1]) С. Кравковъ. „Изслѣдованія надъ нѣкоторыми физическими свойствами чернозема дѣвственной степи, 1900, стр. 19—21.

болѣе что они находятся часто въ тѣсной связи съ нѣкоторыми положеніями, высказываемыми и въ послѣдующихъ главахъ.

Отношеніе различныхъ растительныхъ остатковъ къ водѣ.

А. Влагоемкость.

Какъ извѣстно, лишь послѣ достиженія полнаго насыщенія водой тотъ или другой объектъ бываетъ въ состояніи пропускать черезъ себя избытокъ непоглощаемой болѣе влаги. Установить размѣры этого насыщенія по отношенію къ мертвому растительному покрову является, конечно, крайне важнымъ. Зная влагоемкость этого матеріала мы напередъ можемъ предвидѣть, какую роль играетъ тотъ или другой покровъ въ передачѣ почвеннымъ горизонтамъ ниспадающей атмосферной влаги. При очень высокой влагоемкости этого объекта мы можемъ встрѣтиться, напр., съ такимъ случаемъ, когда все количество атмосферныхъ осадковъ цѣликомъ задержится имѣющимся покровомъ и не проникнетъ въ почву и т. д.

Данныя Krutzsch'а [1]) показываютъ, что растительные остатки обладаютъ именно этой громадной влагоемкостью. Буковые, напр., листья въ состояніи поглощать до 441,55% воды, хвоя ели — 308,83%, сосны — 221,35%, и т. п. Heiden [2]), изслѣдовавшій солому различныхъ злаковъ, какъ подстилочный матеріалъ въ скотныхъ дворахъ, нашелъ, что солома пшеницы способна въ теченіе 24 часовъ поглощать 225,8% воды отъ своего вѣса, солома ржи — 241,4%, овса — 213,6% и солома гороха — до 280,9%.

[1]) Chemischer Ackersmann, 1863, S. 16.
[2]) Lehrbuch der Düngerlehre, 1868, II Bd, S. 48.

Boussingault [1]) даетъ слѣдующія цифры:

	поглотили воды (въ теченіе 24 час.). %
Солома пшеницы	220
„ ячменя	285
„ овса	228
„ рапса	200
Опавшіе дубовые листья	162
Верескъ	100

По Heinrich'у [2]):

	%
Влагоемкость ржаной соломы, разрѣзанной на куски въ 5 cm. дл.	= 265
„ „ „ „ „ „ „ 1 „ „	= 270
„ „ „ „ „ „ „ 3/4 „ „	= 380
„ листьевъ граба	= 395
„ „ бука	= 210
„ „ дуба	= 245
„ „ березы	= 300
„ хвои лиственницы	= 300
„ свѣжей, зеленой хвои сосны	= 12
„ мха (Hypnum) высушеннаго	= 425

и т п.

Нѣтъ, конечно, необходимости приводить другія, болѣе или менѣе аналогичныя данныя, полученныя другими изслѣдователями (см. напр., Breitenlohner [3]), Wolff [4]) и др.).

Мы перейдемъ прямо къ тѣмъ обширнымъ и подробнымъ изслѣдованіямъ въ этой области, которыя были произведены Ebermayer'омъ [5]). На основаніи большого количества анализовъ различныхъ растительныхъ остатковъ, взятыхъ притомъ изъ различныхъ мѣстностей, авторъ даетъ слѣдующія среднія цифры, выражающія водоудерживающую силу этихъ объектовъ:

---

[1]) Жирарденъ—Навозы и прочія животныя удобренія, 1871, стр. 109.
[2]) O. Lemmermann—Die Düngerlehre, 1901, S. 47.
[3]) ibid.
[4]) ibid.
[5]) E. Ebermayer, — „Die gesammte Lehre der Waldstreu“, 1876, S. 176, 177. Также—Табл. VI э.

		$\%$
Влагоемкость мха (различные виды Hypnum)	. . . =	282,74
„ соломы ржи	. . . . =	274,6
„ листьевъ бука	. . . . =	232,7
„ хвои ели	. . . . =	150,3
„ хвои сосны	. . . . =	142,6
„ папоротника	. . . . =	259,1
„ вереска	. . . . =	130,7

Необходимо при этомъ оговориться, что, употребляя для анализа однородные объекты, но взятые изъ различныхъ мѣстностей, Ebermayer находилъ не малыя колебанія въ найденныхъ величинахъ; такъ влагоемкость, напр., листьевъ бука колебалось между 195% и 252%; хвои ели—между 128% и 190%; хвои сосны — между 121% и 167%, а мха — даже между 237% и 334% [1]). Чтобы конкретнѣй представить эти огромныя количества задерживаемой растительными остатками воды, авторъ вычислилъ [2]) на основаніи вышеприведенныхъ цифръ, что лишь годовое количество опадающей листвы — въ буковомъ, напр., лѣсу, въ состояніи на пространствѣ 1 гектара задержать въ себѣ, такимъ образомъ, до 129 гектолитровъ воды, въ еловомъ—54,2 гектолитра, въ сосновомъ—48,9 гектолитровъ и т. д. (принимая во вниманіе, что годовое количество опадающей листвы въ буковомъ лѣсу равняется приблизительно 4000 kgr. на 1 гектаръ, въ еловомъ—3300 kgr., и въ сосновомъ также 3300 kgr.).

Имѣя же въ виду, что атмосферная вода, прежде чѣмъ достигнуть лѣсной подстилки, перехватывается на дорогѣ еще кронами деревьевъ, и притомъ въ весьма значительныхъ количествахъ (по изслѣдованіямъ того же автора—до 25%—32% общаго количества выпадающей надъ лѣсомъ влаги)—

---

[1]) Такія большія колебанія въ полученныхъ цифрахъ, выражающихъ влагоемкость мха, объясняются, главнымъ образомъ, тѣмъ, что авторъ оперировалъ то съ чистымъ мхомъ, то съ мхомъ, къ которому была примѣшана въ разныхъ количествахъ хвоя ели, сосны и пр.

[2]) Ebermayer, l. c., c. 178.

приходится признать, что лишь весенняя талая вода, накопляющаяся въ лѣсахъ, да ливни, въ состояніи оказать существенное содѣйствіе въ увлажненіи лѣсной почвы.

Riegler [1]) въ своей прекрасной работѣ, касающейся роли лѣсной подстилки въ увлажненіи почвы, приводитъ слѣдующія среднія цифры влагоемкости различныхъ растительныхъ объектовъ:

	I. Мохъ.			
	%		%	%
Leucobryum vulgare	= 990	(minim.	953—maxim.	1041)
Sphagnum acutifolium	= 482	(„	465 „	512)
Thuidium tamariscinum	= 407	(„	402 „	416)
Eurhynchium piliferum	= 383	(„	362 „	403)
Hylocomium triquetrum	= 284	(„	282 „	286)
Polytrichum formosum	= 192	(„	177 „	204)
	II. Листья.			
Листья бука	= 227	(„	196 „	253)
„ тоже зеленые	= 148	(„	141 „	163)
„ дуба	= 152	(„	119 „	182)
„ граба	= 147	(„	123 „	171)
	III. Хвоя.			
Хвоя лиственницы	= 134	(„	114 „	156)
„ ели	= 126	(„	112 „	140)
Тоже (зеленая)	= 57	(„	53 „	62)
„ пихты	= 122	(„	104 „	132)
„ черной сосны	= 119	(„	111 „	137)

и т. д.

Wollny [2]), считая болѣе правильнымъ и цѣлесообразнымъ выражать величину водоудерживающей силы того или другого растительнаго объекта въ $^0/_0$ по отношенію къ опредѣленному объему, а не вѣсу его (какъ то дѣлали предыдущіе изслѣдователи, почему послѣдніе, по мнѣнію Wollny, и получали такія разнородныя данныя по отношенію даже къ одному и

[1]) Riegler.—Beiträge zur Lehre von den Moosdecken und von der Waldstreu (Forschungen aus dem Gebiete der Agrikulturphysik, III, 1880, S. 97—98).

[2]) Wollny.—Untersuchungen über die Wasserkapacität und das Verdunstungsvermögen verschiedener Streumaterialen (Forschungen... etc., VII, 1884, S. 309—318.

тому же объекту), изслѣдовалъ въ этомъ отношеніи цѣлый рядъ растительныхъ остатковъ и получилъ слѣд. результаты:

	Вѣсъ 8 литровъ весьма плотно утрамбованнаго матеріала:		Влагоемкость.	
	Въ воздушно-сухомъ состояніи.	Въ состояніи насыщенномъ водой.	въ % по отношенію къ вѣсу.	въ % по отношенію къ объему.
		gr.	gr.	
Торфъ	934	7091	658,13	76,96
Ржаная солома .	1054	3621	304,46	32,09
Горохов. „ .	793	3620	356,49	35,34
Мохъ (Hypnum).	746	3799	409,25	38,16
Листья бука . .	1232	4393	256,57	39,51
„ дуба . .	1202	4109	241,84	36,34
Хвоя ели . . .	1563	4080	161,04	31,46
„ сосны . .	1119	3438	207,24	28,99

Сравнивая эти цифры съ цифрами, выражающими влагоемкость взятыхъ одновременно для опыта суглинка (влагоемкость котораго выражалась всего 31,36%, и песка—13,99% по отношенію къ вѣсу), мы снова убѣждаемся въ способности мертвыхъ растительныхъ остатковъ впитывать и удерживать въ себѣ, дѣйствительно, громадныя количества воды.

Изложенными работами исчерпываются тѣ, болѣе или менѣе систематическія, свѣдѣнія, которыя намъ извѣстны относительно влагоемкости различныхъ растительныхъ остатковъ. Правда, изучая литературу, касающуюся вообще изслѣдованія физическихъ свойствъ этихъ матеріаловъ [1]) мы не разъ встрѣчаемся съ такими данными, которыя имѣютъ то или другое отношеніе и къ интересующему насъ сейчасъ вопросу; но въ виду того, что работы эти не прибавляютъ рѣшительно ничего новаго или интереснаго къ выводамъ Ebermayer'a, Wollny и Riegler'a, и, въ большинствѣ случаевъ, даютъ намъ лишь отрывочныя въ этой области свѣдѣнія—мы на нихъ и не останавливаемся. Укажу только, что и всѣ изложенныя нами выше работы, не говоря уже про крайнюю разнорѣчи-

[1]) Литература эта будетъ сообщена нѣсколько ниже.

вость сообщаемыхъ ими цифръ, по своимъ результатамъ, имѣютъ слишкомъ отдаленное отношеніе къ тѣмъ явленіямъ, которыя мы наблюдаемъ въ природѣ при естественныхъ условіяхъ. Дѣйствительно, оперируя каждый разъ съ отдѣльными частями тѣхъ или другихъ растительныхъ остатковъ (съ листвой различныхъ древесныхъ породъ, съ соломой различныхъ злаковъ и т. п.), тщательно очищая эти объекты отъ постороннихъ примѣсей, различнымъ образомъ ихъ размельчая, просѣивая ихъ часто даже черезъ сита—съ цѣлью получить вполнѣ однородный матеріалъ [1]) и пр. и пр.—мы получаемъ въ результатѣ такія данныя, которыя едва-ли непосредственно приложимы къ уясненію явленій, совершающихся въ природѣ—при естественныхъ условіяхъ. Между тѣмъ, какъ на это я указалъ еще выше, изслѣдованіе водныхъ свойствъ именно естественныхъ скопленій, наблюдаемыхъ нами подъ различными растительными формаціями — и представляетъ собой наибольшій, какъ теоретическій такъ и практическій, интересъ [2]).

Я теперь и перейду къ изложенію тѣхъ данныхъ, которыя получены были мною при массовомъ изслѣдованіи различныхъ видовъ лѣсной подстилки, а также „степного войлока" со стороны ихъ влагоемкости. Что касается лѣсной подстилки,

---

[1]) См., напр., Wollny—Forschungen... etc., VII, 1884, S. 314.

[2]) Когда настоящая работа была изготовлена уже къ печати, я ознакомился съ изслѣдованіями надъ мертвымъ растительнымъ покровомъ Henry („Faculté d'imbibition de la couverture morte du sol des forêts", 1904). Цитируемый авторъ анализировалъ на влагоемкость нѣкоторые виды лѣсной подстилки также въ естественномъ ихъ видѣ; при этомъ онъ нашелъ весьма крупныя цифры;—такъ, еловая, напр., подстилка поглотила, по его наблюденіямъ, до 415% воды (по вѣсу), а буковая—до 538% (ср. мои данныя, приведенныя ниже). См. также новую книгу Henry „Les sols forestiers" (1908), въ которой цитируемый авторъ удѣляетъ довольно большое вниманіе и лѣсной подстилкѣ (гл. II—V, VII—X); необходимо однако замѣтить, что въ этой части названная книга является почти лишь переложеніемъ извѣстнаго труда Wollny („Die Zersetzung der Organ. Stoffe"... etc., 1897).

то главный матеріалъ собранъ былъ мною въ районѣ Велико-Анадольскаго лѣсничества во время моихъ тамъ работъ въ теченіе лѣта 1906 и 1907 гг. Районъ этотъ тѣмъ интересенъ, что при собираніи матеріала можно было въ самомъ широкомъ масштабѣ разнообразить и характеръ насажденій и возрастъ ихъ и пр. — при совершенно идентичныхъ почвенныхъ и климатическихъ условіяхъ.

Какъ извѣстно, Велико-Анадольскій лѣсъ (Маріупольскаго у. Екатеринославской губ.) представляетъ собой сплошной, искусственно-разведенный лѣсъ, занимающій въ одномъ главномъ массивѣ свыше 1600 десятинъ отъ вѣка безлѣсной черноземной степной почвы. Этотъ грандіозный опытъ облѣсенія степи, опытъ „смѣлаго насилія" надъ природой былъ произведенъ по порученію М-ва Государ. Имуществъ въ 1843 г. и послѣдующіе годы г. ф. Граффомъ.

Почва Велико-Анадольской дачи, въ своихъ поверхностныхъ горизонтахъ, по изслѣдованіямъ проф. П. А. Земятченскаго [1]), покрыта тяжелымъ глинистымъ черноземомъ, мощность котораго колеблется отъ 0,74 — до 1 м., съ содержаніемъ перегноя отъ 6% до 8%.

Механическій анализъ по способу Osborn'а показываетъ, что количество „песка" не поднимается выше 16% и падаетъ иногда до 6%. На основаніи химическихъ анализовъ—валового и 10% солянокислой вытяжки—проф. П. А. Земятченскій находитъ возможнымъ отнести Вел.-Анад. черноземъ, какъ по общему содержанію наиболѣе важныхъ питательныхъ

---

[1]) Болѣе подробно—см. Проф. П. А. Земятченскій—Велико-Анадольскій Участокъ. „Тр. Экспедиціи", III, 1894 г.

Рядъ статей Г. Н. Высоцкаго—въ „Трудахъ Экспедиціи" и въ „Почвовѣдѣніи".

Степановъ — Почва и грунтъ В.-Анад. Лѣсничества... etc. („Журн. Оп. Агрономіи". 1905 г.).

С. Кравковъ—Химическія свойства почвъ и грунтовъ В.-Анад. Лѣсничества... etc. („Труды Экспедиціи" 1907 г. и „Журн. Оп. Агр." 1908).

веществъ, такъ и по количеству цеолитовъ — къ типу богатыхъ. Только бросается въ глаза изслѣдователю сравнительно малое количество въ немъ фосфорной кислоты.

Въ виду того, что во время моихъ работъ въ предѣлахъ Вел.-Анад. лѣсничества въ моемъ распоряженіи находилась небольшая лабораторія (при домикѣ наблюдателя въ 24 кварталѣ), я имѣлъ возможность опредѣлять влагоемкость собраннаго матеріала тутъ же, на мѣстѣ. Самый методъ опредѣленія заключался въ слѣд.: тотъ или другой мертвый покровъ осторожно собирался руками, чтобы не затронуть верхняго горизонта почвы (обычно — онъ довольно аккуратно и легко сдирается). Крупные сучья и вѣтви не принимались въ расчетъ, такъ какъ распредѣляются они на поверхности почвы крайне неравномѣрно. Собранный матеріалъ высушивался нѣкоторое время на воздухѣ и опредѣленное вѣсовое количество его (обычно—200 gr.) помѣщалось въ очень широкую объемистую стеклянную банку, въ которой укладывались различные объекты всегда до опредѣленной черты, т.-е. занимали всегда болѣе или менѣе одинаковый объемъ. Послѣ этого въ банки съ изслѣдуемымъ объектомъ наливалась до краевъ въ избыткѣ вода и на этомъ уровнѣ она поддерживалась все время опыта. Спустя 48 часовъ [1]) отверстіе банокъ затягивалось въ 2—3 слоя марлей, и путемъ послѣдующаго переворачиванія ихъ кверху дномъ, достигалось стеканіе изъ нихъ избыточной, не поглощенной воды. Когда стекала послѣдняя капля воды, матеріалъ вмѣстѣ съ банкой взвѣшивался. Операція повторялась до достиженія изслѣдуемымъ матеріаломъ постояннаго вѣса.

Въ виду того, что черезъ марлю всегда проходили въ стекающую жидкость мелкіе обрывки и т. п.,—эти послѣдніе собирались, по окончаніи опыта, путемъ фильтрованія жид-

---

[1]) Предварительными опытами было установлено, что обычно уже спустя 24—30 часовъ достигается полная влагоемкость растительными остатками.

кости черезъ грубый фильтръ, послѣ чего эти остатки присоединялись къ изслѣдуемому матеріалу.

Приводимыя ниже цифры — представляютъ собой среднее изъ 2-хъ опредѣленій. Полученные результаты сведены мною въ слѣдующей таблицѣ:

№№ кварталовъ. Составъ насажденія.	Годъ посадки.	Влагоемкость подстилки въ % къ возд.—сух. вещ. Среднее изъ 2-хъ опредѣленій.
кв. 5. Дубъ, ясень, ильмъ, кленъ остр. и др.	1846—1849 г.	738,9
кв. 13. Ясень, ильмъ, кленъ остр.	1860 г.	668,2
кв. 1. Кленъ тат., акація желт.	1876—1879 г.	580,0
кв. 8. Дубъ, ильмъ, ясень		561,9
кв. 12. (а, в) Акація бѣлая		598,3
„ „ (б) Кленъ тат.		549,9
кв. 18. Тат. кленъ, желт. ак.		601,0
кв. 24. Ильмъ, ясень, кленъ остр.		573,8
кв. 61. Ильмъ, ясень, кленъ остр., дубъ	1886—1889 г.	501,7
кв. 65. Ильмъ, ясень, акац. желт.		472,8
кв. 71. Ильмъ, ясень, кленъ остр.		499,6
кв. 74. Ильмъ, ясень		463,9

Разсматривая ближе эти цифры—мы можемъ подмѣтить слѣдующее: во-1-хъ, ощутительной разницы между величинами, выражающими влагоемкость подстилки подъ различными древесными породами (разумѣя пока лиственныя породы)—при прочихъ, болѣе или менѣе равныхъ, условіяхъ (напр., возраста и т. п.) не замѣчается; во-2-хъ, чѣмъ старше насажденіе—тѣмъ выше влагоемкость имѣющейся въ немъ лѣсной подстилки, и въ-3-хъ, бросается въ глаза вообще громадная водоудерживающая сила лѣсной подстилки, взятой въ болѣе или менѣе естественномъ видѣ, — особенно же наиболѣе разложенныхъ образцовъ ея: цифры эти значительно превосходятъ данныя, сообщаемыя Ebermayer'омъ, Wollny и др. относительно влагоемкости отдѣльныхъ частей различныхъ растительныхъ объектовъ.

А) Что касается перваго, сдѣланнаго нами обобщенія, то

надо полагать, что таковое мы можемъ пока допустить лишь благодаря сравнительно небольшому количеству имѣющагося у насъ въ рукахъ цифрового матеріала—съ одной стороны, съ другой—благодаря вообще неточности существующей методики опредѣленія влагоемкости того или другого объекта. Несомнѣнно, что если подвергнуть спеціальному изслѣдованію данный вопросъ и собрать по возможности огромный матеріалъ, касающійся влагоемкости лѣсной подстилки подъ различными насажденіями, то, при прочихъ, конечно, равныхъ условіяхъ, вѣроятно удастся и здѣсь подмѣтить какое-либо правильное соотношеніе. Дѣйствительно, различныя древесныя породы имѣютъ различную форму и устройство поверхности опадающей листвы, (что обусловливаетъ большую или меньшую плотность ихъ расположенія на поверхности лѣсной почвы), различный химическій составъ ея и пр. и пр.; все это, конечно, должно налагать свою особую печать на величину, выражающую влагоемкость того или другого объекта. Необходимо однако оговориться, что исканіе этихъ правильныхъ соотнощеній должно встрѣтить на своемъ пути очень много крупныхъ затрудненій: не забудемъ, напр., что химическій составъ листвы у одной и той же древесной породы можетъ сильно варіировать въ зависимости отъ условій погоды даннаго года, отъ физико-механическаго и химическаго состава почвы и т. д., а всѣ эти условія въ природѣ могутъ комбинироваться самымъ разнообразнымъ образомъ. Такимъ образомъ—лишь при громадномъ количествѣ массовыхъ наблюденій, при самыхъ разнообразныхъ природныхъ условіяхъ, — можемъ мы надѣяться на установленіе и въ этой области какихъ-либо правильныхъ законностей.

В) Зависимость между возрастомъ насажденія и величиной водоудерживающей силы накопившейся въ немъ подстилки выступаетъ изъ приведенныхъ цифръ, наоборотъ, довольно рельефно. Объяснить эту зависимость надо, главнымъ образомъ, тѣмъ,

что въ болѣе старыхъ насажденіяхъ, мы имѣемъ дѣло и съ болѣе разложенной формой подстилки.

Чтобы убѣдиться въ томъ, что тотъ или другой растительный объектъ, по мѣрѣ своего разложенія, повышаетъ свою влагоемкость, я произвелъ слѣдующій опытъ.

Въ кв. 13-мъ (см. описаніе его выше), въ которомъ мертвый покровъ весьма мощно развитъ, мною были собраны какъ листья непосредственно съ деревьевъ, такъ и образцы подстилки по слоямъ и затѣмъ всѣ эти объекты изслѣдованы на влагоемкость. Результаты получились слѣдующіе:

Описаніе изслѣдуемаго матеріала.	Влагоемкость въ % къ возд.—сух. веществу. Среднее изъ двухъ опредѣленій.
1) Листья, собранныя въ концѣ іюля въ зеленомъ состояніи съ деревьевъ (ясень, ильмъ, кленъ)	320,1
2) Листья, собранныя съ самой поверхности мертваго покрова. Имѣютъ видъ блѣдный, дряблый, легко рвутся въ рукѣ. Представляютъ собой, повидимому, остатки прошлогодняго листопада	497,9
3) Образецъ подстилки, взятой съ глубины приблизительно 4 сант. съ поверхности. Полуразложившаяся темная масса. Можно еще съ трудомъ различить отдѣльныя части отмершихъ растеній: черешки листьевъ и т. п.	723,7
4) Образецъ подстилки, взятой съ глубины приблизительно 11 сант. Однородная, рыхлая черная масса .	892,8

Такимъ образомъ, дѣйствительно, по мѣрѣ разложенія растительныхъ остатковъ, влагоемкость ихъ правильно повышается. Этимъ и надо себѣ объяснить замѣченный нами фактъ значительно болѣе высокой водоудерживающей силы, которою обладаетъ лѣсная подстилка въ болѣе старыхъ насажденіяхъ.

С) Обсуждая, наконецъ, вообще тѣ весьма крупныя цифры, которыя характеризуютъ водоудерживающую силу мертваго растительнаго покрова, накопляющагося въ лѣсахъ, невольно рождается цѣлый рядъ вопросовъ, связанныхъ съ лѣсной

подстилкой, какъ посредникомъ между выпадающими атмосферными осадками и лежащей подъ этой подстилкой почвой.

Дѣйствительно, если мертвый растительный покровъ въ состояніи удерживать въ себѣ такое громадное количество воды, то, спрашивается, не является ли онъ весьма серьезнымъ антагонистомъ по отношенію къ выпадающимъ надъ лѣсомъ атмосфернымъ осадкамъ, не давая возможности, въ силу своей высокой влагоемкости, извѣстной части этихъ осадковъ проникнуть въ почву? Не являлось ли бы съ этой точки зрѣнія раціональнымъ—систематическое, хотя бы частичное, удаленіе изъ лѣса накопляющейся подстилки? Не способствуетъ ли послѣдняя, такимъ образомъ, обѣднѣнію лѣсной почвы по отношенію къ влагѣ? И т. д.

Все это вопросы, которые логически вытекаютъ изъ разсмотрѣнія вышеприведенныхъ цифръ. Попытаемся дать теперь полученнымъ нами результатамъ болѣе конкретный смыслъ, перенеся эти лабораторныя данныя въ природу.

Прежде всего посмотримъ, какое количество осадковъ выпадаетъ въ данной мѣстности въ теченіе года. Данныя г. Адамова [1]), собранныя за 9 лѣтъ, показываютъ, что въ предѣлахъ Маріупольскаго Лѣсничества (находящагося рядомъ съ Велико-Анадольскимъ) выпадаетъ въ теченіе года, въ среднемъ, 400,3 mm. осадковъ, распредѣляясь по отдѣльнымъ мѣсяцамъ слѣдующимъ образомъ:

	mm.		mm.
въ январѣ	20,4	въ іюлѣ	49,7
„ февралѣ	25,7	„ августѣ	44,6
„ мартѣ	24,3	„ сентябрѣ	27,2
„ апрѣлѣ	26,5	„ октябрѣ	23,8
„ маѣ	47,5	„ ноябрѣ	20,5
„ іюнѣ	57,3	„ декабрѣ	32,8

Перечисляя годовое количество выпадающихъ осадковъ, выражающееся, какъ мы видѣли, цифрой въ 400,3 mm., на вѣсъ,

[1]) „Факторы плодородія русскаго чернозема“, 1904, стр. 54.

мы приходимъ къ заключенію, что въ данной мѣстности на пространствѣ 1 десятины выпадаетъ осадковъ въ теченіе года около 3.840.000 kgr. Необходимо однако отмѣтить, что до поверхности почвы достигаетъ далеко не все количество выпадающихъ осадковъ. Часть послѣднихъ, какъ извѣстно, задерживается листвой и вѣтвями деревьевъ и возвращается затѣмъ путемъ испаренія обратно въ атмосферу. Изслѣдованія Ebermayer'a [1]) и др. показали, что лиственный лѣсъ средняго возраста задерживаетъ своей кроной, въ среднемъ, до 20% выпадающихъ осадковъ. Что касается хвойныхъ деревьевъ, то послѣднія, согласно Ebermayer'y, могутъ задерживать значительно большія количества воды—иногда до 45%. По даннымъ же A. Bühler'a [2]) густое насажденіе, напр., пихты можетъ на своей кронѣ оставить даже до 80% всѣхъ выпадающихъ осадковъ

Принимая во вниманіе довольно чахлый видъ большинства Вел. Анад. посадокъ, правильнѣй будетъ измѣрять количество задерживаемыхъ послѣдними осадковъ въ 12%—15% [3]). Исходя изъ этихъ цифръ, мы можемъ принять, что въ описываемомъ районѣ до поверхности мертваго растительнаго покрова доходитъ осадковъ ежегодно около 3.264.000 kgr. (расчитывая на 1 дес.).

Обратимся теперь къ количеству скопляющейся лѣсной подстилки, на основаніи данныхъ, полученныхъ мною для Велико-Анадольскаго лѣса. Въ виду того, что въ русской литературѣ имѣются въ этой области лишь самыя скудныя и

---

[1]) Ebermayer. „Einfluss der Wälder auf die Bodenfeuchtigkeit"... etc. 1900, s. 4—5.

См. также Mathieu—Météorologie comparée agricole et forestière, 1878; Hoppe—Regenmessung unter Baumkronen, 1896 и др.

[2]) A. Bühler—„Die Niederschläge im Walde"—(Mitt. d. Schw. Central-anstalt f. d. forst. Vers., Bd. II).

[3]) См. Г. Н. Высоцкій. „Біологич. почвенныя и фенологич. наблюденія"... etc. 1901 и 1902 г. Также—П. В. Отоцкій „Грунтовыя воды", 1905, стр. 291.

отрывочныя свѣдѣнія, я приведу здѣсь весь, имѣющійся у меня довольно обширный по этому вопросу матеріалъ, тѣмъ болѣе, что данныя эти пригодятся намъ и для послѣдующаго изложенія.

Но прежде посмотримъ, какія цифры даетъ въ этомъ отношеніи Ebermayer для Баварскихъ лѣсовъ [1]). На основаніи его многочисленныхъ наблюденій можно сдѣлать слѣдующее заключеніе объ ежегодномъ отпадѣ листьевъ (въ kgr. на гектаръ въ воздушно-сухомъ состояніи):

Порода.	Возрастъ насажденія.	Количество опадающей ежегодно листвы. kgr.
Букъ	30—60 лѣтъ.	4182
"	60—90 "	4094
"	болѣе 90 "	4044
Ель	30—60 "	3964
"	60—90 "	3376
"	болѣе 90 "	3273
Сосна	20—50 "	3397
"	50—75 "	3491
"	75—100 "	4229

Общее же количество накопляющейся подстилки въ буковомъ, напр., лѣсу, по изслѣдованіямъ того же автора, равняется, въ среднемъ, 10417 kgr. (на гектаръ), въ еловомъ—13857 kgr. и въ сосновомъ—18279 kgr. Такимъ образомъ, количество подстилки въ буковомъ лѣсу лишь въ $2^1/_2$ раза больше ежегоднаго отпада (другими словами около $40^0/_0$ ежегодно разлагается), въ еловомъ—приблизительно въ 4, и въ сосновомъ—въ $4^1/_2$ раза.

Что касается ежегоднаго отпада листьевъ въ Велико-Анадольскомъ лѣсу, то цифры получены были мною значительно меньшія по сравненію съ вышеприведенными [2]). На кварта-

[1]) Ebermayer. Die gesammte Lehre der Waldstreu, 1876, s. 44—49.

[2]) Что объясняется, конечно, довольно чахлымъ видомъ вообще Велико-Анадольскихъ посадокъ.

лахъ №№ 26 (ильмъ, ясень 1881 г.), 25 (ильмъ, ясень 1879 г.) и 17 (ильмъ, ясень, дубъ, кленъ 1877) были выдѣлены мною въ 1906 г. небольшія дѣлянки и на послѣднихъ въ серединѣ лѣта была счищена вся лѣсная подстилка. По окончаніи листопада съ этихъ дѣлянокъ собраны были опавшіе листья, высушены на воздухѣ и взвѣшены. Получены слѣдующія данныя (я перечисляю ихъ прямо на 1 десятину):

	kgr.
На кв. 26	1884
„ „ 25	2304
„ „ 17	1620

Въ среднемъ, слѣдовательно, мы можемъ считать, что на пространствѣ 1 десятины ежегодно отпадаетъ около 1936 kgr. листвы [1]).

Значительно большій матеріалъ имѣется у меня по другому вопросу, а именно, какъ велико общее количество накопившейся подстилки въ различныхъ кварталахъ (различнаго возраста и различнаго состава насажденій) Вел. Анад. лѣса [2]).

Совершался количественный учетъ подстилки слѣдующимъ образомъ: на пространствѣ 1 кв. арш. собиралась вся подстилка вплоть до верхнихъ горизонтовъ почвы. Въ расчетъ не принимались только слишкомъ крупные сучья и вѣтви. Послѣ основательной просушки — образцы были взвѣшены.

Полученныя данныя я прямо перечисляю на площадь 1 десятины (въ круглыхъ цифрахъ).

---

[1]) См. С. Кравковъ—„Химич. свойства почвъ и грунтовъ Вел. Анад. Лѣсничества etc... стр. 39.

[2]) Считаю необходимымъ выразить глубокую признательность г. Завѣдующему Маріупольскимъ Опытнымъ Лѣсничествомъ Д. В. Померанцеву за любезное содѣйствіе по доставленію мнѣ этихъ свѣдѣній.

Вѣсъ лѣсной подстилки, взятой на пробныхъ площадкахъ въ кварт. №№ 13, 16, 17, 18, 19, 23, 24, 25, 53, 58, 59 и 33 Велико-Анадольской казенной дачи.

Кварталы и участки.	Составъ насажденія.	Вѣсъ подстилки въ kgr. (на простр. 1 дес.).
кв. 13, уч. а около купальни	Ясень, Ильмъ, Кленъ остр.	12978
кв. 16, уч. а	Бѣлая акація.	10080
„ „ уч. в	Бѣлая акація (1874 г.).	15700
кв. 17, уч. е	Тат. кленъ съ примѣсью дуба	12840
„ „ уч. ж	Остр. кленъ (1877 г.), ильмъ, ясень . . .	10160 [1]
„ „ уч. з	Густая желтая акація.	17100
„ „ уч. і	Рослый дубъ съ густымъ подлѣскомъ изъ желт. акаціи	23840
„ „ уч. и	Поросль дуба.	7720
кв. 18, уч. в	Ясень, берестъ, желт. ак.	4600
„ „ уч. г	Тат. кленъ, желт. ак.	10600
„ „ уч. д	Желт. акація	8300
„ „ уч. е	Татарск. кленъ	10460
кв. 19, уч. б	Ильмов. породы съ дубомъ	5700
„ „ уч. в	Дубъ съ желтой акаціей.	11100
„ „ уч. г	Дубъ (30-ти лѣтній), желт. ак.	17200
кв. 23, уч. а	Ильмов. пор. съ дубомъ	10260
кв. 24,	Тернъ	4700
„ „ уч. д	Ясенъ, остр. кленъ	7240
„ „ уч. е	Татарск. кленъ	8600
„ „ уч. з	Желт. ак., ясень, дубъ	7720
„ „ уч. і	Тат. кленъ, дубъ, ясень, кленъ остр. . .	7760
кв. 25, уч. а	Ильмов. породы, ясень.	9320 [1]
кв. 33, уч. а	Дубъ, кленъ тат. и острол.	8440
„ „ уч. б	Бѣл. акація (1879 г.)	13340
„ „ уч. в	Желтая акація съ дубомъ.	12940
кв. 53, уч. а	Ясень, берестъ	5420
кв. 58, уч. б	Ясень, берестъ, кленъ остр.	7820
кв. 59, уч. а	Ясень, берестъ, кленъ остр.	8100
кв. 53, уч. б	Ясень, берестъ, дубъ.	13600

[1]) Припоминая количества ежегодно-опадающей листвы въ этихъ кварталахъ (см. выше), мы изъ только что приведенныхъ цифръ можемъ, такимъ образомъ, заключить, какъ слабо разлагается въ данномъ районѣ лѣсная подстилка.

Примѣчаніе. Проф. Костычевъ („Почвы черноз. обл. Россіи", 1886, стр. 92), опредѣляя количество подстилки въ Вел.-Анад. лѣсу, нашелъ въ одномъ мѣстѣ 940,53 пуда на дес., въ другомъ — 418,55 пуд. Въ какихъ именно кварталахъ производились наблюденія—авторъ не указываетъ.

Если-бы мы пожелали теперь вычислить, какое количество атмосферной воды можетъ задержаться лѣсной подстилкой въ силу влагоемкости послѣдней, то, даже взявши кварталъ съ наиболѣе мощно-развитымъ покровомъ (кв. 17, уч. i, — гдѣ подстилки приходится на площ. 1 дес. 23840 kgr.), и предположивши, что покровъ этотъ обладаетъ наибольшей изъ всѣхъ найденныхъ нами величинъ влагоемкостью (738, 9%) — мы и тогда получимъ цифру (около 176.416 kgr.), которая по сравненію съ общей массой атмосферной воды, доходящей до мертвой подстилки (3.264.000 kgr.), едва-ли представляетъ собой какое-либо существенное значеніе въ смыслѣ возможности обѣднѣнія почвы влагой. Значительно меньшія еще цифры мы получимъ, если обратимся къ другимъ кварталамъ, обладающимъ гораздо болѣе бѣднымъ покровомъ, съ влагоемкостью гораздо болѣе низкой (какъ результатъ болѣе молодого возраста насажденій): въ отдѣльныхъ случаяхъ указанная выше цифра можетъ тогда сократиться еще въ 8—10 разъ.

Сопоставляя всѣ эти данныя между собою — мы, такимъ образомъ, приходимъ къ заключенію, что мертвый растительный покровъ, накопляющійся въ лиственныхъ лѣсахъ, хотя и обладаетъ весьма высокой влагоемкостью, но, какъ показали тѣ соотвѣтствующія конкретныя перечисленія, существенной роли, въ смыслѣ оказываемаго имъ препятствія проникновенію атмосферныхъ осадковъ въ почву, — играть не можетъ.

Притомъ, цѣлый рядъ другихъ, побочныхъ, соображеній заставляетъ насъ еще болѣе ограничить тотъ, самъ собой напрашивающійся, выводъ о лѣсной подстилкѣ, какъ дѣятельномъ антагонистѣ проникновенію въ почву осадковъ, который мы готовы были бы сдѣлать на основаніи приведенныхъ выше, весьма крупныхъ цифръ, характеризующихъ ея влагоемкость.

Дѣйствительно, если предположить несуществующій въ природѣ случай, что все годовое количество осадковъ ниспадаетъ болѣе или менѣе одинаковыми, малыми порціями каждый день

и, такимъ образомъ, постепенно насыщаетъ лѣсную подстилку, то, — принимая во вниманіе и ежедневное испареніе части поглощенной воды обратно въ воздухъ, — возможно, что пришлось-бы признать мертвый растительный покровъ нѣкоторымъ тормазомъ въ процессахъ увлажненія лѣсныхъ почвъ атмосферными осадками. Но въ природѣ мы замѣчаемъ иное. Обращаясь напр., къ тому району, въ которомъ производились мои наблюденія, мы прежде всего должны отмѣтить характерное распредѣленіе осадковъ по времени; такъ, напр., въ теченіе мая, іюня, іюля и августа, по даннымъ г. Адамова [1]), выпадаетъ 199,1 mm. осадковъ, т. е. ровно половина общаго годового количества ихъ; при этомъ, какъ извѣстно, упомянутые лѣтніе осадки въ нашей черноземной полосѣ выпадаютъ обычно въ видѣ быстро-проходящихъ ливней. Естественно, что такіе ливни, въ силу хотя-бы физическаго закона тяжести—въ значительно меньшихъ количествахъ будутъ задерживаться листвой деревьевъ и тѣмъ самымъ болѣе быстро доведутъ до полнаго насыщенія лѣсную подстилку, а, слѣдовательно, будутъ имѣть значительно болѣе шансовъ достигнуть почвенныхъ горизонтовъ, чѣмъ, напр., слабые моросящіе дожди.

Но главнымъ факторомъ насыщенія мертваго лѣсного покрова до полной влагоемкости являются, конечно, тѣ атмосферные осадки, которые выпадаютъ въ твердомъ видѣ (снѣгъ, градъ и т. п.). Пріурочиваясь къ глубокой осени и зимѣ, когда деревья стоятъ голыя, лишенныя листвы,—осадки эти, лишь въ ничтожныхъ количествахъ задерживаемые вѣтвями, почти цѣликомъ падаютъ на поверхность данной почвы. Скопляясь тамъ въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ въ видѣ болѣе или менѣе мощнаго снѣжнаго покрова, осадки эти, съ наступленіемъ весны, даютъ огромное количество талой воды, которая, насыщая лѣсную подстилку, проникаетъ въ почву и, такимъ

---

[1]) l. c.

образомъ, способствуетъ сильному увлажненію послѣдней. Нѣсколько же ниже — мы убѣдимся, что въ силу особыхъ физическихъ свойствъ мертваго растительнаго покрова, послѣдній, разъ пропустивши черезъ себя воду, съ большимъ трудомъ отдастъ ее обратно въ атмосферу—даже при наличности кругомъ optim'альныхъ условій для испаренія; въ такомъ случаѣ онъ можетъ самъ высохнуть до конца, но, отѣняя нижележащую почву, идеальнымъ образомъ предохранитъ ее отъ потери даже ничтожнаго количества воды. Въ дѣйствительности же, какъ извѣстно, въ лѣсу далеко не наблюдаются благопріятныя условія для испаренія влаги съ поверхности почвы—въ силу и меньшей инсоляціи, и болѣе низкой t° и болѣе слабыхъ вѣтровъ, чѣмъ въ открытомъ, безлѣсномъ пространствѣ [1]).

Посмотримъ же, какой запасъ воды въ описываемомъ лѣсу скопляется къ веснѣ въ видѣ снѣжнаго покрова. Оказывается, что за декабрь, январь, февраль и мартъ, — каковые мѣсяцы имѣютъ среднія годовыя t° (за 9 лѣтъ наблюденій) съ минусами — выпадаетъ осадковъ до 103, 2 mm. или, перечисляя на вѣсъ—около 990.000 kgr., т. е., немного болѣе $^1/_4$ общаго годового ихъ количества; и все это количество осадковъ, можно признать, почти цѣликомъ идетъ на увлажненіе мертваго покрова,—если не считать ничтожнаго количества задержавшагося снѣга на голыхъ вѣтвяхъ.

Всѣми этими соображеніями смягчается еще болѣе вопросъ о той отрицательной роли растительнаго мертваго покрова,

---

[1]) По опытамъ Ebermayer'a („Die physik. Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden", 1873, s. 159.; также—„Einfluss der Wälder auf die Bodenfeuchtigkeit", 1900 s. 7),—почва подъ пологомъ лѣса (безъ подстилки) испаряетъ на 64% или въ 2, 7 разъ меньше, чѣмъ почва внѣ лѣса. Другими словами — если почва, не покрытая лѣсомъ, испаряетъ въ опредѣленное время 100 единицъ воды, то почва подъ пологомъ лѣса теряетъ всего 36 единицъ (безъ подстилки; съ растительнымъ же мертвымъ покровомъ — всего 15 единицъ).



которую играетъ послѣднiй въ общемъ гидрологическомъ балансѣ почвы, покрытой лѣсомъ, и которая невольно сама напрашивалась — при разсмотрѣнiи вышеприведенныхъ, весьма высокихъ, какъ мы видѣли, цифръ влагоемкости этого объекта.

Такимъ образомъ, — время выпаденiя атмосферныхъ осадковъ и характеръ этого выпаденiя, могутъ въ извѣстныхъ районахъ, при извѣстныхъ климатическихъ и погодныхъ условiяхъ, въ значительной мѣрѣ парализовать описываемыя нежелательныя свойства мертваго покрова. Какъ увидимъ ниже — знакомство съ нѣкоторыми другими физическими свойствами этого объекта дастъ намъ возможность еще болѣе смягчить заключенiе о лѣсной подстилкѣ, какъ о дѣятельномъ антагонистѣ проникновенiю атмосферной влаги въ почву.

Въ мои задачи не входитъ сейчасъ разсмотрѣнiе и изученiе общаго вопроса о влажности лѣсной почвы. Какъ извѣстно, — послѣднее явленiе представляетъ собой функцiю цѣлаго ряда производныхъ: количества выпадающихъ осадковъ надъ лѣсомъ, характера, возраста и густоты насажденiя, интенсивности транспирацiи и потребленiя почвенной влаги тѣмъ или другимъ лѣснымъ массивомъ, распредѣленiя въ лѣсу t°, силы инсоляцiи въ немъ, физико-механическихъ свойствъ самой почвы и пр. и пр. Во всей этой сложной массѣ самыхъ разнообразныхъ факторовъ — мертвый растительный покровъ является лишь одной изъ производныхъ, вносящей и свою долю участiя въ этотъ общiй балансъ влаги лѣсной почвы. И ближайшей задачей всѣхъ описываемыхъ мною въ I-й главѣ опытовъ является, какъ о томъ я имѣлъ случай говорить еще выше, — изученiе водныхъ свойствъ лишь даннаго элемента лѣсного сообщества, чтобы на основанiи знакомства съ физическими свойствами этого объекта, можно было бы составить себѣ понятiе о той гидрологической роли, которую можетъ играть онъ при различныхъ природныхъ условiяхъ. Мнѣ кажется, что и выясненiе общаго вопроса — влажности лѣсной почвы, вообще — только тогда ста-

нетъ на твердую, научную почву, когда явленіе это мы расчленимъ на рядъ отдѣльныхъ вопросовъ, и когда изучимъ въ этомъ вопросѣ роль каждаго изъ вышеупомянутыхъ факторовъ—въ отдѣльности. Приведеніе же цифръ влажности почвы—напр., покрытой лѣсомъ и непокрытой,—полученныхъ прямымъ непосредственнымъ путемъ и представляющихъ собой лишь суммарный итогъ самыхъ разнообразныхъ, часто взаимно-парализующихъ моментовъ,—правда, быстрѣе и легче подвинетъ насъ къ разрѣшенію общаго практическаго вопроса, на сколько влажна въ данный моментъ та или другая почва, но едва ли способствовать будетъ научному пониманію даннаго явленія. Не этимъ ли между прочимъ, надо объяснить себѣ всю ту массу несогласованныхъ между собой, а часто и противорѣчивыхъ цифровыхъ данныхъ, которыя окружаютъ вопросъ о влажности лѣсной почвы и которыя въ общей своей совокупности представляютъ собой въ настоящее время богатѣйшую литературу? Мнѣ думается, что какъ при сужденіи, напр., о доходности того или другого хозяйства было бы ошибочнымъ прибѣгать лишь къ огульному, суммарному подсчету доходовъ и расходовъ, не анализируя характера и направленія отдѣльныхъ отраслей даннаго хозяйства, такъ и въ сужденіяхъ о влажности, напр., лѣсной почвы, настоятельно необходимо подвергнуть изученію съ этой стороны—именно отдѣльные элементы лѣсного сообщества. Никакъ нельзя поэтому согласиться съ г. Отоцкимъ, который въ своей работѣ [1]), приведя вкратцѣ западно-европейскую литературу, касающуюся изученія именно упомянутыхъ нами отдѣльныхъ производныхъ (транспираціи растеніями, стока воды съ поверхности почвы, испаренія ея съ кронъ деревьевъ и т. п.)—въ заключеніе говоритъ: „...Ни одно наблюденіе, ни одинъ опытъ изъ перечисленныхъ выше, ни даже вся ихъ совокупность [2]), не въ состояніи дать столь яснаго

[1]) „Грунтовыя воды“, 1905.

[2]) Курсивъ вездѣ мой.

представленія о гидрологическомъ дѣйствіи лѣса въ природѣ, какъ одновременныя параллельныя измѣренія влажности естественной почвы въ лѣсу и внѣ его. И можно только удивляться тому странному факту, что въ Зап. Европѣ, гдѣ было потрачено столько времени, силъ и остроумія на изслѣдованія и опыты, болѣе или менѣе искусственные, влажность почвы въ природной, нетронутой обстановкѣ опредѣлялась весьма рѣдко"... (стр. 279).

Итакъ, поставивъ задачей I-ой главы настоящей работы— изученіе физическихъ свойствъ мертваго растительнаго покрова, какъ естественнаго комплекса (съ точки зрѣнія отношенія послѣдняго пока къ влагѣ) и ознакомившись съ тѣми данными, которыя получены были мною при изслѣдованіи влагоемкости образцовъ лѣсной подстилки, собранныхъ въ лиственномъ Вел. Анад. Лѣсѣ, — мы перейдемъ теперь къ разсмотрѣнію тѣхъ данныхъ, которыя имѣются у меня относительно влагоемкости подстилки, скопляющейся въ хвойномъ насажденіи [1]).

[1]) Кромѣ Вел. Анад. Лѣса мною были поставлены наблюденія надъ влагоемкостью лѣсныхъ подстилокъ нѣкоторыхъ лиственныхъ насажденій и другихъ районовъ (Виленск. губ., Ошмянск. у.; Курская губ., Льговск. у.; Рязанская губ., Ряжск. у.; и др.), но наблюденія эти носили, въ большинствѣ случаевъ, случайный характеръ — безъ учета общаго количества накопившейся подстилки, внѣ связи съ возрастомъ насажденія и пр., а потому я на нихъ и не останавливаюсь. Укажу только, что влагоемкость нѣкоторыхъ мертвыхъ покрововъ, накопляющихся въ очень старыхъ естественныхъ лѣсахъ, достигаетъ иногда весьма крупной цифры, часто даже превышающей соотвѣтствующія величины, найденныя по отношенію къ наиболѣе старымъ и здоровымъ кварталамъ Вел. Анад. Лѣса. Основываясь на нашихъ опытахъ, приведенныхъ на стр. 15 — фактъ этотъ надо объяснить, конечно, тѣмъ, что въ лѣсахъ этихъ мы имѣемъ дѣло съ весьма разложенной, почти гумусо-подобной, формой лѣсной подстилки.

Приведу нѣкоторыя цифры:

Старый смѣшанный лѣсъ (глав. обр., осина) Виленск. губ., Ошмянск. у.— Влагоемкость подстилки . . . . = 887,5%

Старый смѣшанный лѣсъ (гл. обр., дубъ) Курской губ., Льговск. у.—Влагоемкость подстилки . . . . = 793,6%

Старый смѣшанный лѣсъ (гл. обр., осина, береза) Ряз. губ., Ряжск. у.—Влагоемкость подстилки . . . . = 988,9%

и т. п.

Матеріалъ собранъ мною, главнымъ образомъ, въ сѣверномъ районѣ; результаты изслѣдованія съ краткимъ описаніемъ взятыхъ образцовъ, сведены въ слѣдующей таблицѣ:

Откуда взятъ образецъ подстилки.	Влагоемкость подстилки въ % къ воздушно-сухому веществу. Среднее изъ 2-хъ опредѣленій.
1) Еловая подстилка изъ подъ чистаго еловаго лѣса, лѣтъ 25-ти (Виленск. губ. Ошмянск. у.). .	117,3
2) Тоже—Псковск. губ. (с. Быстрецово). 20-ти лѣтъ.	121,0
3) Тоже—Петербургск. губ. Лужск. у. 15-ти лѣтъ.	127,3
4) Подстилка изъ-подъ стараго сосноваго лѣса лѣтъ 60-ти (Калужской губ.)	139,0
5) Тоже — изъ-подъ молодого сосноваго лѣса (лѣтъ 12-ти)	109,3
6) Еловая подстилка изъ-подъ молодого (лѣтъ 10-ти) лѣса Петербургск. губ. (с. Любань)	114,7

Разсматривая эти цифры и сравнивая ихъ съ тѣми данными, которыя получены были нами по отношенію къ лиственнымъ насажденіямъ, мы можемъ сдѣлать заключеніе, во 1-хъ, что влагоемкость подстилокъ, скопляющихся въ хвойныхъ лѣсахъ, значительно ниже, по сравненію съ подстилкой лиственныхъ и во 2-хъ, что рѣзкой разницы между молодыми и старыми насажденіями здѣсь совершенно не наблюдается (въ лиственныхъ насажденіяхъ, какъ мы видѣли, разница эта сказывается, наоборотъ, весьма рельефно).

Остановимся, прежде всего, на этомъ послѣднемъ выводѣ. Если намъ не удается подмѣтить крупной разницы въ величинахъ влагоемкости лѣсной подстилки, накопляющейся въ старыхъ и молодыхъ хвойныхъ насажденіяхъ, то, казалось-бы, мы должны признать, что старыя, а слѣдовательно, и болѣе разложенныя формы хвои обладаютъ приблизительно такой-же водоудерживающей силой, какъ и молодыя, свѣжія, т.-е. другими словами, должны принять положеніе, явно противорѣчащее и нѣкоторымъ теоретическимъ соображеніямъ (напр., что гумификація органическаго вещества ведетъ, вообще говоря, къ повышенію влагоемкости послѣдняго) и идущее въ разрѣзъ съ

тѣми опытными данными, которыя получены были нами при изученіи аналогичнаго вопроса у лиственныхъ породъ. Мнѣ кажется, однако, что противорѣчіе это лишь кажущееся. Дѣло въ томъ, что, какъ это было указано мною еще раньше [1]), хвоя представляетъ собой объектъ, весьма трудно и медленно разлагающійся — быть можетъ, въ силу присутствія въ ея составѣ довольно большого количества смолистыхъ, антисептическихъ веществъ, или въ силу особаго устройства клѣточныхъ стѣнокъ и т. п. Насколько, дѣйствительно, объектъ этотъ трудно поддается разложенію, видно изъ сравненія количествъ зольныхъ соединеній, переходящихъ въ водный растворъ, при процессахъ разложенія этого объекта, съ соотвѣтствующими цифрами полученными для другихъ растительныхъ матеріаловъ. Такъ, напр., [2]):

Перешло въ водный растворъ (вь % отъ первоначальнаго количества) изъ хвои сосны, разлагавшейся въ теченіе 1 года 8 мѣсяцевъ, изъ листьевъ дуба и изъ степного сѣна.

	Изъ хвои сосны. %	Изъ листьевъ дуба. %	Изъ степного сѣна. %
SiO_2	20,00	63,98	78,93
K_2O	14,77	78,15	71,40
Na_2O	9,14	73,04	81,13
P_2O_5	12,44	75,17	82,95
Fe_2O_3	18,63	70,81	79,14
Mn_3O_4	14,19	53,87	87,33

и т. д.

Въ виду такой необычайно медленной разлагаемости описываемаго объекта и крайне затрудненныхъ процессовъ его гумификаціи—мы должны предположить, что какъ въ старыхъ, такъ и въ болѣе молодыхъ хвойныхъ насажденіяхъ, мы имѣемъ дѣло часто съ мало измѣненнымъ процессами разложенія матеріаломъ, почему и получаемъ цифры влагоемкости его

[1]) С. Кравковъ—„Матеріалы къ изученію процессовъ разложенія растительныхъ остатковъ въ почвѣ“, 1908, стр. 73.

[2]) Ibid., стр. 66 и 67.

мало отличающіяся другъ отъ друга. Дѣйствительно, если даже въ условіяхъ только что описаннаго опыта (кстати сказать — крайне благопріятныхъ для процессовъ разложенія и съ точки зрѣнія t°, и доступа воздуха и степени увлажненія) объектъ этотъ подвигался въ своемъ разложеніи очень и очень туго, то въ природныхъ условіяхъ, значительно менѣе благопріятныхъ, — процессъ этотъ долженъ совершаться, конечно, еще съ большимъ трудомъ. Въ этомъ впрочемъ не трудно убѣдиться и непосредственнымъ наблюденіемъ: извѣстно, что лѣсная подстилка въ хвойныхъ насажденіяхъ, взятая даже изъ болѣе глубокихъ своихъ слоевъ часто представляетъ собой мало измѣнившуюся, по своей формѣ и консистенціи, хвою [1]), между тѣмъ какъ лѣсная подстилка лиственныхъ лѣсовъ, наоборотъ, даже и не въ слишкомъ глубокихъ своихъ горизонтахъ, представляетъ собой, въ большинствѣ случаевъ, безформенную, гумусоподобную массу.

Ничѣмъ инымъ, какъ именно слабой и медленной разлагаемостью хвои, надо объяснить себѣ и тотъ фактъ, что, несмотря на слабый (сравнительно съ лиственными породами) ежегодный ея отпадъ, тѣмъ не менѣе, даже и въ молодыхъ хвойныхъ насажденіяхъ мертвый растительный покровъ накопляется довольно мощный.

Чтобы окончательно убѣдиться въ томъ, что хвоя, подвергающаяся длительнымъ процессамъ разложенія, мало сравнительно измѣняетъ съ теченіемъ времени свою водоудерживающую способность, я непосредственно опредѣлилъ влагоемость этого объекта, взявши его на различныхъ стадіяхъ разложенія.

Для описываемаго опыта послужила хвоя ели (въ количествѣ 25 gr.), которая продолжительное время разлагалась въ помѣщеніи лабораторіи (при влажности, равной 1/2 влагоемкости ея), и надъ которой велись особыя спеціальныя наблюденія (надъ процессами ея постепенной гумификаціи).

[1]) Особенно хорошо это наблюдать, высушивши такую подстилку.

Результаты сведены съ слѣдующей таблицѣ:

На какой стадіи разложенія взятъ былъ объектъ.	Влагоемкость его въ % къ воздушно-сухому веществу.
1. Свѣжая хвоя ели, собранная непосредственно съ дерева	98,0
2. Хвоя, разлагавшаяся въ теченіе 3 мѣсяцевъ. .	105,3
3. Хвоя, разлагавшаяся въ теченіе 7 мѣсяцевъ. .	107,5
4. Хвоя, разлагавшаяся въ теченіе 11 мѣсяцевъ .	120,8

Повышеніе влагоемкости параллельно степени разложенности матеріала наблюдается, правда, и здѣсь, но въ крайне какъ видимъ, слабомъ видѣ. Обращаясь теперь къ нашему первому выводу, показывающему, что лѣсная подстилка хвойныхъ насажденій обладаетъ, вообще говоря, крайне слабой (сравнительно съ лиственными породами) водоудерживающей силой,—постараемся, какъ мы это сдѣлали по отношенію къ подстилкѣ Велико-Анадольскаго лѣса, облечь полученыя цифры въ болѣе конкретную форму.

Но прежде укажу на то, что цѣлый рядъ побочныхъ соображеній складывается, повидимому, далеко не въ пользу легкаго и безпрепятственнаго поступленія атмосферныхъ осадковъ въ почву изъ-подъ хвойнаго насажденія (данныхъ районовъ). Во-первыхъ, хвойныя породы не сбрасываютъ своей листвы въ сколько-нибудь значительныхъ размѣрахъ въ теченіе зимнихъ мѣсяцевъ; и въ то время, какъ въ лиственныхъ лѣсахъ всѣ зимніе осадки, въ видѣ снѣга, крупы и т. п. почти совершенно не задерживаются голымй, обезлиственными вѣтвями, и безпрепятственно скопляются на поверхности лѣсной почвы въ теченіе ряда мѣсяцевъ, послѣ чего, постепенно тая, легко напояютъ весной подстилку до полнаго насыщенія—въ хвойныхъ насажденіяхъ, стоящихъ все зимнее время съ листвой, наоборотъ,—указанное явленіе далеко не можетъ играть равноцѣнной, сравнительно съ лиственнымъ лѣсомъ, роли. Далѣе, необходимо указать, что въ описываемомъ районѣ не приходятъ на помощь лѣсной почвѣ—ни какой-либо свое-

образный характеръ выпаденія атмосферныхъ осадковъ, ни какое-либо особенное распредѣленіе ихъ по времени, какъ то мы видѣли по отношенію къ первому, южному району. Дѣйствительно, осадки эти распредѣляются здѣсь по отдѣльнымъ мѣсяцамъ довольно равномѣрно [1]):

	mm.		mm.		mm.		mm.
Январь . . .	36,2	Апрѣль. . .	44,6	Іюль. . . .	72,5	Октябрь. . .	39,6
Февраль . .	17,4	Май	47,6	Августъ . .	70,5	Ноябрь . . .	27,9
Мартъ . . .	38,0	Іюнь	59,8	Сентябрь .	47,4	Декабрь. . .	32.1

и характерныхъ для степной полосы ливней, когда въ теченіе нѣсколькихъ часовъ сразу выпадаетъ огромное количество осадковъ—здѣсь обычно не наблюдается и т. д.

Все это факты, которые, казалось-бы, уменьшаютъ шансы легкаго насыщенія хвойной подстилки до полной влагоемкости, а, слѣдовательно, и передачи ею возможнаго излишка воды въ почву. Однако, ближайшее разсмотрѣніе даннаго вопроса приводитъ насъ совершенно къ инымъ результатамъ. Вернемся съ этой цѣлью къ нашимъ подсчетамъ.

Какъ велико количество ежегодно выпадающихъ атмосферныхъ осадковъ въ наблюдаемыхъ районахъ? Въ видѣ примѣра разсмотримъ лишь нѣкоторые изъ послѣднихъ. Для Лужскаго у. С.-Петербургской губ. мы имѣемъ цифры Запольской Оп. Станціи, дающей для этой мѣстности 533,6 mm. осадковъ [2]); для с. Быстрецово (Псковской губ.) можемъ воспользоваться данными, имѣющимися для г. Пскова—538,7 mm., [3]) и для с. Любани — 543,2 mm. [4]). Въ среднемъ можемъ принять, что въ упомянутыхъ пунктахъ выпадаетъ болѣе или менѣе одинаковое количество осадковъ (около 538,5 mm.); переводя

[1]) Вильдъ - „Новыя многолѣтнія и пятилѣтнія среднія количества осадковъ и числа дней съ осадками для Россійской Имперіи“, 1895 г., стр. 7 (для Запольской Оп. Станціи).

[2]) Вильдъ l. c.

[3]) Ibid., стр. 8.

[4]) Ibid., стр. 8.

это число на вѣсъ, скажемъ, что на пространствѣ 1 дес. выпадаетъ въ теченіе года въ данномъ районѣ 5.164.800 kgr. воды. Но извѣстно, что не все это количество, выпадающее надъ хвойнымъ лѣсомъ, достигаетъ мертваго растительнаго покрова; часть этихъ осадковъ задерживается кронами и путемъ послѣдующаго испаренія снова возвращается въ атмосферу. Согласно даннымъ Ebermayer'a [1])—мы можемъ признать, что въ среднемъ задерживается кронами хвойныхъ насажденій около 35% годового количества осадковъ. Такимъ образомъ, до поверхности мертваго покрова достигнетъ осадковъ по вѣсу 3.357.120 kgr. Влагоемкость хвойныхъ подстилокъ, изслѣдованныхъ нами въ упомянутыхъ трехъ пунктахъ, даетъ, какъ мы видѣли, довольно близкія другъ другу цифры, почему схематически мы можемъ признать, что для лѣсныхъ насажденій разсматриваемыхъ районовъ влагоемкость эта равняется, въ среднемъ, 120%.

Чтобы рѣшить теперь вопросъ, какая-же часть выпадающихъ надъ лѣсомъ осадковъ задерживается лѣсной подстилкой, въ силу влагоемкости послѣдней, и такимъ образомъ, не достигаетъ почвенныхъ горизонтовъ,—надо знать количество этой подстилки въ данныхъ насажденіяхъ. Мои наблюденія дали слѣдующія въ этомъ отношеніи цифры (перечисляю величины, полученныя мною съ пространства 1 кв. арш. прямо на десятину):

Мѣсто наблюденій.	Количество подстилки въ Kgr на 1 дес. (воз.—сух.).
Псковской губ. (Быстрецово)	14847
Петербургской губ. (Лужск. у.)	11824
Петербургской губ. (с. Любань)	10306
	Среднее—12326

Найденное количество подстилки можетъ задержать въ себѣ, въ силу своей влагоемкости, слѣдовательно, всего лишь

[1]) Ebermayer—Einfluss der Wälder auf die Bodenfeuchtigkeit"... etc. 1900, s. 5.

около 14.800 kgr. воды (изъ общаго годового количества осадковъ, достигающихъ мертваго покрова въ 3.357.120 kgr.—на площ. 1 дес.).

Такимъ образомъ, на примѣрѣ хвойныхъ насажденій, мы еще болѣе убѣждаемся въ томъ, что водоудерживающая способность мертваго покрова ни въ коемъ случаѣ не можетъ считаться серьезнымъ препятствіемъ поступленію атмосферныхъ водъ въ почвенные горизонты: соотвѣтственный учетъ показалъ намъ, что этимъ путемъ задерживается лишь ничтожная сравнительно часть всѣхъ выпадающихъ въ этихъ насажденіяхъ осадковъ. Какая именно часть—это вопросъ зависящій въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ, конечно, отъ цѣлаго ряда привходящихъ условій: отъ количества накопившейся въ данномъ лѣсу подстилки, отъ степени ея разложенности, отъ состава ея и т. п., съ другой стороны—отъ времени и характера выпаденія атмосферныхъ осадковъ (не говоря уже о количествѣ ихъ) и т. д.

Сдѣланные нами, на основаніи конкретныхъ перечисленій, выводы, конечно, не исчерпываютъ вопроса объ общемъ гидрологическомъ балансѣ лѣсной почвы; какъ я говорилъ объ этомъ выше, здѣсь необходимо принимать во вниманіе цѣлый рядъ и другихъ производныхъ, отъ которыхъ зависитъ вообще влажность той или другой почвы, какъ-то силу транспираціи, энергію стока воды, силу испаренія послѣдней, t° воздуха, характеръ и возрастъ насажденія, физико-механическія и химическія свойства почвы и пр. и пр.—но все это не входитъ въ наши задачи, ограничивающіяся, какъ мы видѣли, пока лишь изученіемъ водныхъ свойствъ одного изъ такихъ производныхъ—а именно свойствъ мертваго растительнаго покрова.

Едва ли не большій интересъ представляетъ собой изученіе другого аналогичнаго комплекса, а именно—того мертваго растительнаго покрова, который скопляется на поверхности дѣвственныхъ степныхъ почвъ—въ видѣ такъ называемаго „степного войлока“. Какъ извѣстно,—наши

степныя почвы сыграли въ исторіи развитія науки о почвѣ рѣшающую роль. Ихъ своеобразный генезисъ, оригинальное строеніе, наконецъ, высокое богатство питательными веществами, все это не могло не останавливать на себѣ уже издавна вниманія многихъ изслѣдователей, а спеціальные и острые вопросы о влажности чернозема и о тѣхъ мѣрахъ, которыя способствовали бы накопленію въ немъ этой влаги,—какъ главнаго фактора, находящагося въ упомянутыхъ районахъ въ minimum'ѣ, придавали и придаютъ работамъ, касающимся нашихъ степныхъ почвъ особый, можно сказать, злободневный интересъ. Но просматривая громадную литературу, касающуюся степныхъ почвъ — мы, однако, совсѣмъ не находимъ указаній на свойства и значеніе того мертваго растительнаго покрова, который является столь характернымъ для дѣвственныхъ почвъ чернозема. Правда,—нетронутыхъ, нераспаханныхъ участковъ въ нашемъ степномъ краѣ осталось уже немного, и центръ тяжести въ изученіи чернозема естественнымъ ходомъ вещей перенесенъ теперь на почвы культурныя,—но, исходя изъ мысли, что изученіе именно естественныхъ типовъ почвъ— въ томъ видѣ, какъ даны онѣ природой, представляетъ собой особый интересъ,—необходимо, конечно, подвергнуть детальному изученію и одинъ изъ неизбѣжныхъ элементовъ такихъ почвъ—тотъ мертвый растительный войлокъ, который скопляется на ихъ поверхности. Если не считать одной изъ моихъ давнихъ работъ [1]), касающейся притомъ лишь вскользь интересующаго насъ сейчасъ вопроса, то, какъ я уже сказалъ выше, другихъ какихъ-либо литературныхъ данныхъ по изученію „степного войлока“ мы до сихъ поръ не имѣемъ.

Все это побудило меня подвергнуть ближайшему изслѣдованію водныя свойства и даннаго 'объекта.

„Степной войлокъ“, полученъ былъ мною изъ Деркуль-

---

[1]) С. Кравковъ. „Изслѣдованія надъ нѣкоторыми физич. свойствами чернозема дѣвственной степи“, 1900, стр. 19—22.

ской степи, Старобѣльск. у., Харьковской губ. Деркульская степь представляетъ собой, можно сказать, типичную ковыльную дѣвственную степь съ типичными представителями растительнаго царства—ковылемъ, типцомъ, тонконогомъ и пр., и животнаго—сусликомъ, кротомъ, стрепетомъ и др., и даетъ намъ „типичнѣйшій образчикъ безлѣсной, открытой степи, какъ-бы намѣренно выставленной на волю бурямъ, вѣтрамъ, зною и засухамъ“ (проф. Докучаевъ) [1]. „Степной войлокъ“, находящійся на поверхности дѣвственной степной почвы, представляетъ собой, какъ извѣстно, различныя отмершія части степной растительности, такъ тѣсно между собой сплетенныя, что ихъ свободно можно отдирать, не нарушая цѣлости, отъ поверхности почвы. Мощность даннаго объекта сравнительно небольшая—по крайней мѣрѣ для описываемаго района (около 2—3 сант.), и значительно уступающая мощности лѣсной подстилки. На пространствѣ 1 дес. его скопляется, по моимъ прежнимъ наблюденіямъ, всего около 3028 kgr. (возд.—сух.). Влагоемкость его также сравнительно невысокая и равняется 276,3% (среднее изъ 3 опредѣленій). Что касается годового количества осадковъ, выпадающихъ въ описываемомъ районѣ, то сводочныя данныя г. Адамова за 9 лѣтъ показываютъ [2]), что въ Деркульской степи выпадаетъ втеченіе года—410,0 mm. осадковъ, распредѣляясь по отдѣльнымъ мѣсяцамъ слѣдующимъ образомъ:

	mm.		mm.
въ Январѣ	16,6	въ Апрѣлѣ	28,4
„ Февралѣ	19,0	„ Маѣ.	46,2
„ Мартѣ.	21,1	„ Іюнѣ.	72,5

[1]) Подробное описаніе оро-гидрографіи, геологіи, почвъ и грунтовыхъ водъ даннаго района можно найти въ работѣ гг. Выдрина и Сибирцева („Старобѣльскій участокъ“. Тр. Экспед. Лѣсн. Д-та, 1894, Т. I, вып. 2); см. также мою работу „Изслѣдованія надъ нѣкоторыми физич. свойствами чернозема дѣвств. степи“, 1900.

[2]) „Факторы плодородія русскаго чернозема“ стр. 51.

	mm.		mm.
въ Іюлѣ	56,9	въ Октябрѣ	264,
„ Августѣ	32,2	„ Ноябрѣ	24,1
„ Сентябрѣ	34,8	„ Декабрѣ	31,8

т. е., мы видимъ болѣе или менѣе аналогичную картину съ Велико-Анадольскимъ Лѣсничествомъ—и по общему годовому количеству осадковъ, и по характерному распредѣленію ихъ по отдѣльнымъ мѣсяцамъ (когда, напр., въ теченіе 4 однихъ лѣтнихъ мѣсяцевъ выпадаетъ около $^1/_2$ годового количества осадковъ) и т. д. Наконецъ, таблицы t° воздуха, относительной влажности его [1]) и пр. даютъ намъ возможность, вообще говоря, считать внѣшнія климатическія условія, въ которыхъ находится Велико-Анадольской лѣсъ и Деркульская степь, болѣе или менѣе аналогичными, что въ значительной степени, конечно, увеличиваетъ интересъ общаго вопроса—насколько полно и въ какомъ направленіи используются тѣ же самые климатическіе факторы почвой степной и почвой, покрытой лѣсной растительностью. Не входя въ обсужденіе этого обширнаго вопроса во всемъ его объемѣ, что, какъ мы видѣли, требуетъ предварительнаго сложнѣйшаго учета самыхъ разнообразныхъ производныхъ, и касаясь лишь частнаго вопроса, какое участіе въ общемъ гидрологическомъ балансѣ той или другой почвы играетъ, скопляющійся на поверхности послѣдней, мертвый растительный покровъ, мы можемъ, такимъ образомъ, по отношенію къ „степному войлоку", на основаніи приведенныхъ выше цифръ, сказать, что антагонистическое дѣйствіе его проникновенію въ степную почву атмосферныхъ осадковъ выражается слишкомъ ничтожной величиной, чтобы придавать послѣдней какое-либо существенное значеніе—особенно принимая во вниманіе цѣлый рядъ благопріятныхъ вліяній на почву мертваго покрова въ смыслѣ отѣненія, ослабленія испаренія проникшей въ почву влаги обратно въ атмосферу и т. д. Дѣйствительно если даже

[1]) Ibid., стр. 22, 23; 35 и 37.

въ нашихъ выводахъ относительно Велико-Анадольскаго лѣса, несмотря на довольно значительное количество осадковъ задерживаемыхъ кронами деревьевъ и несмотря на довольно большую (сравнительно) водоудерживающую силу лѣсной подстилки, намъ тѣмъ не менѣе пришлось значительно смягчить (если не совсѣмъ свести на нѣтъ) невольно напрашивающійся приговоръ объ отрицательной роли этого объекта въ увлажненіи поверхностныхъ горизонтовъ почвы, покрытой лѣсомъ, то въ разсматриваемомъ случаѣ (Деркульская степь) данный вопросъ стоитъ еще болѣе опредѣленно; а именно: прежде всего необходимо указать, что до поверхности „степного войлока“ достигаетъ, можно сказать, цѣликомъ все то количество осадковъ, которое выпадаетъ въ данномъ районѣ (около 3.840.000 kgr.), такъ какъ количество задерживаемой воды листьями и стеблями травянистой растительности измѣряется ничтожной величиной—всего въ 1%—2% [1]).

Далѣе, въ силу незначительной сравнительно влагоемкости степного войлока, а также крайне малаго его количества, накопляющагося на поверхности почвы, задерживается этимъ объектомъ и не пропускается въ нижележащую почву опять таки сравнительно ничтожное количество выпадающихъ осадковъ—всего, какъ мы видѣли, 8.357 kgr. Такимъ образомъ, непосредственно до почвенныхъ горизонтовъ достигаетъ въ описываемомъ степномъ районѣ все же 3.831.643 kgr. осадковъ. Разъ проникнувъ въ почву, послѣдніе подъ пологомъ „степного войлока“ уже гарантированы будутъ отъ дальнѣйшихъ большихъ потерь путемъ испаренія,—хотя бы при наличности даже весьма высокой t° окружающаго воздуха (въ этомъ мы убѣдимся нѣсколько ниже). Правда, въ открытой степи атмосферные осадки, особенно выпадающіе въ видѣ ливней, часто не успѣваютъ поглощаться почвой и обычно

---

[1]) Ср. Отоцкій—„Грунтовыя воды“, 1905, стр. 273.

скатываются въ видѣ огромныхъ потоковъ и даже цѣлыхъ водопадовъ въ овраги, въ пониженныя мѣста, унося съ собой огромное количество мелкоземистаго матеріала, что обычно не наблюдается въ районахъ, покрытыхъ лѣсомъ,—но необходимо отмѣтить, что указанное стеканіе выпавшей воды наблюдается почти исключительно на пашняхъ и залежахъ и что на цѣлинныхъ участкахъ, снабженныхъ мертвымъ растительнымъ „войлокомъ", упомянутаго явленія, наоборотъ, почти совершенно не бываетъ. По крайней мѣрѣ, мои, многократныя въ этомъ направленіи, наблюденія, пріуроченныя какъ разъ ко времени выпаденія ливней, всегда убѣждали меня въ томъ, что на цѣлинныхъ почвахъ совершается весьма полная утилизація атмосферныхъ осадковъ, въ то время какъ на вспаханныхъ поляхъ и на залежахъ, покрытыхъ даже высокорослой растительностью, бушевали въ то время цѣлые бурные потоки. Несомнѣнно, что главнѣйшими причинами указанной, довольно совершенной утилизаціи осадковъ, являются три особенности цѣлинныхъ участковъ: 1) существованіе мертваго растительнаго покрова, поглощающаго и пропускающаго черезъ себя выпадающіе осадки и препятствующаго тѣмъ самымъ стеканію послѣднихъ съ поверхности почвы, чѣмъ дѣвственная степная почва вполнѣ напоминаетъ, такимъ образомъ, почву, покрытую лѣсомъ и снабженную лѣсной подстилкой, представляющей собой, какъ извѣстно, главнѣйшее препятствіе къ этому стеканію; 2) кочковатое строеніе поверхности цѣлинныхъ участковъ (въ силу того, что степные злаки растутъ какъ бы большими пучками, кочками), также способствующее задержанію воды, и наконецъ 3) характерная зернисто-крупитчатая структура дѣвственныхъ степныхъ почвъ, благопріятствующая легкому проникновенію въ нихъ выпадающихъ атмосферныхъ осадковъ.

Приблизительно то же самое надо сказать про отношеніе цѣлинныхъ участковъ и къ талой водѣ; въ то время какъ въ

степной полосѣ на поляхъ и на залежахъ снѣгъ исчезаетъ крайне быстро, и талыя вешнія воды, образующіяся въ огромныхъ количествахъ, не успѣвая впитаться въ почву — безвозвратно стекаютъ часто бурными мутными потоками въ овраги и рѣки, на дѣвственныхъ цѣлинныхъ почвахъ мы наблюдаемъ, въ силу тѣхъ же трехъ причинъ, несравненно болѣе полное и болѣе совершенное поглощеніе не только лѣтнихъ дождей, но также и снѣговой воды, накопившейся тамъ въ теченіе зимнихъ мѣсяцевъ. Такимъ образомъ, дѣвственныя степныя почвы, снабженныя мертвымъ растительнымъ „войлокомъ“, весьма приспособлены, такъ сказать, къ использованію лѣтнихъ и зимнихъ атмосферныхъ осадковъ и указанной способностью до нѣкоторой степени приближаются, можно сказать, къ свойствамъ почвъ, покрытыхъ лѣсомъ. Что касается, наконецъ, болѣе высокой t° окружающаго воздуха въ открытой степи, сравнительно съ лѣсомъ, что ведетъ, казалось бы, къ значительно болѣе интенсивному испаренію влаги изъ почвы, болѣе изсушающаго дѣйствія свободно циркулирующихъ, сравнительно съ лѣсомъ, вѣтровъ, болѣе сильной инсоляціи и пр. и пр., то, какъ мы увидимъ нѣсколько ниже, всѣ эти неблагопріятныя метеорологическія условія, наблюдаемыя въ открытой степи, парализуются, и притомъ въ значительной степени, тѣмъ же мертвымъ „войлокомъ“, являющимся прекрасной охраной отъ испаренія влаги нижележащей почвой даже въ томъ случаѣ, когда самъ этотъ „войлокъ“ въ силу тѣхъ или иныхъ метеорологическихъ окружающихъ условій, потеряетъ влагу до конца.

Всѣми приведенными соображеніями мы вынуждаемся, такимъ образомъ, признать, что въ мертвомъ растительномъ покровѣ, скопляющемся въ дѣвственныхъ почвахъ въ видѣ такъ назыв. „степного войлока“, мы должны видѣть не только не антагониста, перехватывающаго или препятствующаго атмосфернымъ осадкамъ увлажнять нижележащую почву, но, наоборотъ, скорѣе посредника, способствующаго этимъ осадкамъ напоять степную

почву. Многолѣтнія наблюденія надъ влажностью чернозема подъ Деркульской цѣлиною, показываютъ, что изложенныя выше соображенія, выведенныя на основаніи изученія лишь нѣкоторыхъ физическихъ свойствъ „степного войлока“, вполнѣ подтверждаются дѣйствительностью [1]).

В. Водопроводимость мертвыхъ растительныхъ покрововъ.

Для болѣе полнаго представленія о той роли, которую играетъ тотъ или другой мертвый растительный покровъ въ гидрологическомъ балансѣ нижележащей почвы, необходимо знать, помимо влагоемкости, конечно, и водопроводимость этого покрова, т.-е. свойство, характеризующее скорость и полноту проникновенія черезъ него выпадающихъ атмосферныхъ осадковъ.

Наблюденія W. Riegler'a [2]) показали, что черезъ слой, мощностью въ 8 cm., изъ 500 cm. ежедневно приливаемой сверху воды (тонкой струей) просачивалось:

	Черезъ буковую подстилку (возд.—сух.)		Черезъ еловую подстилку (возд.—сух.)		Черезъ моховую подстилку (возд.—сух.)	
	Просочилось.	Задержалось.	Просочилось.	Задержалось.	Просочилось.	Задержалось.
	cm.	cm.	cm.	cm.	cm.	cm.
1-й день . .	400,3	99,7	441,3	58,7	216,0	284,0
2-й „ . .	385,6	114,4	445,1	54,9	105,7	394,4
3-й „ . .	334,8	165,2	440,4	59,6	55,9	444,1
4-й „ . .	353,9	146,1	439,4	60,6	284,4	215,6
5-й „ . .	403,0	97,0	453,5	46,5	375,9	124,1
6-й „ . .	474,4	25,6	489,4	10,6	409,4	90,6
7-й „ . .	465,4	34,6	496,0	4,0	486,7	13,3
8-й „ . .	487,6	12,4	499,6	0,4	493,5	6.5
9-й „ . .	489,3	10,7	—	—	—	—

[1]) См. напр., сводочныя данныя Адамова („Факторы плодородія рус. черноз.“ стр. 326 и др.).

[2]) W. Riegler. „Die Durchlässigkeit der Moosdecken und der Waldstreu für Meteorisches Wasser“ („Forsch. auf dem Geb. der Agrikulturphysik“, III Bd., 1880, S. 80—96).

Т.-е., мы видимъ, что черезъ сухой объектъ вода проходитъ весьма легко; по мѣрѣ же увлажненія этого объекта притекающей водой, указанная водопроводимость уменьшается; затѣмъ, по мѣрѣ приближенія къ влагоемкости, снова увеличивается. По достиженіи ея, притекающая вода начинаетъ сочиться черезъ матеріалъ совершенно легко, почти уже не задерживаясь имъ. Обращаетъ на себя вниманіе также и тотъ фактъ, что водопроводимость еловой подстилки является наибольшей, притомъ сравнительно мало зависящей отъ степени увлажненія ея. Эта легкая и быстрая водопроводимость хвои опять-таки не можетъ не являться, такимъ образомъ, извѣстнымъ компенсаторомъ тѣхъ неблагопріятныхъ явленій, которыя, какъ мы видѣли выше, создаются хвойнымъ насажденіемъ по отношенію къ выпадающимъ атмосфернымъ осадкамъ—въ смыслѣ довольно большого % задерживаемой ихъ кронами снѣговой и дождевой воды.

Конечно, на скорость и полноту проникновенія воды въ тотъ или другой растительный матеріалъ не можетъ не оказывать существеннаго вліянія характеръ выпаденія атмосферныхъ осадковъ.

Такъ, по наблюденіямъ W. Riegler'a [1]:

	Черезъ буковую подстилку изъ 500 gr. воды.				Черезъ сосновую подстилку изъ 500 gr. воды.			
	При увлажненіи объекта распыленнойводой.		При увлажненіи объекта сплошн. струей воды.		Распыленная вода.		Струя воды.	
	gr.	или	gr.	или	gr.	или	gr.	или
Просочилось воды.	251	50,2%	462	92,4%	427	85,4%	425	85,0%
Поглотилось подстилк.	249	49,8%	38	7,6%	73	14,6%	75	15,0%

По отношенію къ моховой подстилкѣ Riegler'омъ получены были аналогичныя данныя: въ первомъ случаѣ просочи-

[1]) W. Riegler. l. c., S. 95—96.

лось воды 30%, во второмъ — 86%; поглотилось воды: въ первомъ случаѣ 70%, во второмъ—14%.

Оставляя пока въ сторонѣ хвою сосны и перенося эти немногочисленные выводы въ природу, мы можемъ, такимъ образомъ, сказать, что слабый, моросящій дождь, до тѣхъ поръ, пока не насытитъ мертваго покрова до полной влагоемкости— остается безполезнымъ для нижележащей почвы; наоборотъ— ливни, и вообще интенсивно выпадающіе осадки, уже первыми своими порціями свободно достигаютъ почвенныхъ горизонтовъ, быстро пронизывая даже и совершенно сухой растительный покровъ, не говоря уже про свободную циркуляцію такихъ осадковъ черезъ данный объектъ послѣ насыщенія его до полной влагоемкости. Что касается хвои сосны, то, насколько можно судить по вышеприведеннымъ немногочисленнымъ даннымъ, объектъ этотъ относится совершенно безразлично къ характеру выпадающихъ осадковъ, и, какъ показываютъ цифры вышеприведенной таблицы, одинаково легко пронизывается водой, выпадаетъ ли послѣдняя въ видѣ ливня, или въ видѣ слабаго, моросящаго дождя. Явленіе это находится, какъ мнѣ кажется, въ полномъ соотвѣтствіи съ отмѣченнымъ нами выше фактомъ вообще чрезвычайно легкой водопроводимости даннаго объекта, притомъ, камъ мы видѣли выше, почти совершенно не зависящей отъ степени его увлажненія. И это свойство хвойнаго покрова мы также отмѣтимъ, какъ фактъ, значительно смягчающій тѣ неблагопріятныя явленія, которыя создаются хвойнымъ лѣсомъ по отношенію къ увлажненію атмосферными осадками почвы, и о которыхъ мы говорили раньше.

Изложенные опыты Riegler'a, несмотря на ихъ искусственность и малочисленность, представляются мнѣ особенно интересными: они затрагиваютъ собой вопросъ не только о водопроводимости различныхъ растительныхъ объектовъ, но, что особенно важно, изучаютъ попутно вліяніе различной влажности на эту водопроводимость и, наконецъ, касаются вліянія на



послѣднюю характера и силы выпадающихъ осадковъ. Между тѣмъ, другія имѣющіяся въ литературѣ по этому вопросу данныя, не даютъ намъ возможности такъ детально и подробно прослѣдить самый, такъ сказать, процессъ движенія воды въ томъ или другомъ объектѣ, по отдѣльнымъ моментамъ, ограничиваясь въ большинствѣ случаевъ лишь суммарными, конечными результатами. Изъ указанныхъ работъ необходимо указать, главнымъ образомъ, на тѣ многочисленныя и долголѣтнія наблюденія, которыя велись надъ водопроводимостью различныхъ мертвыхъ растительныхъ объектовъ Wollny [1]. Если мы будемъ просматривать всѣ тѣ таблицы, которыя приведены въ работахъ упомянутаго автора, то прежде всего бросится въ глаза слишкомъ большой промежутокъ времени, избранный имъ для наблюденій, а именно недѣльный срокъ. За эти 7 дней измѣрялось общее количество выпавшаго дождя, и, на основаніи количества просочившейся воды черезъ тѣ или другіе растительные объекты (также въ теченіе 7 дней), составлялось соотвѣтствующее заключеніе о водопроводимости служившихъ для опытовъ объектовъ. Неудивительно, что цифры, полученныя Wollny по отношенію къ различнымъ матеріаламъ, оказались, говоря вообще, мало отличающіяся другъ отъ друга. Такъ, напр., изъ общаго количества дождя въ 32919 cm., выпавшаго въ теченіе времени съ 18 апрѣля по 31 октября включительно, просочилось воды (при мощности слоя растительныхъ остатковъ въ 5 cm.) слѣдующее количество:

Черезъ хвою сосны . .	21179 cm.
„ „ пихты . .	23804 „
„ листья дуба . .	21142 „
„ „ бука . .	20994 „ . [2])

[1]) Wollny. „Forstlich-meteorologische Beobachtungen“, 1888 („Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik“, X Bd, S. 436—439); „Forsch. auf dem Gebiete der Agrikulturphysik“, 1890, XIII Bd., S. 139—141; „Die Zersetzung der organischen Stoffe und die Humusbildungen“, 1897, S. 301.

[2]) Wollny, l. c., 1890. S. 140.

Въ другомъ рядѣ опытовъ [1]) изъ общаго количества дождя въ 28529 cm. выпавшаго въ промежутокъ времени отъ 1 мая по 30 сентября просочилось воды (при мощности слоя изслѣдуемаго объекта въ 30 cm.) слѣдующее количество:

Черезъ листья дуба . .	21061	cm.	
„ „ бука . .	21054	„	
„ хвою пихты. .	19467	„	
„ „ сосны. .	19734	„	и т. д.

Если мы будемъ разсматривать цифры, характеризующія количество просочившейся воды по недѣлямъ, то встрѣтимся опять-таки приблизительно съ аналогичными для различныхъ объектовъ цифрами, а если и наблюдается между ними та или другая разница, то остается неизвѣстнымъ, обусловливается ли это своеобразнымъ характеромъ и силой выпаденія осадковъ за данную недѣлю или чѣмъ другимъ. Естественно предположить, что за недѣлю наблюденій, изслѣдуемый матеріалъ часто достигалъ полнаго насыщенія и становился, такимъ образомъ, легко водопроводимымъ, что̀ и сказывалось въ результатѣ въ болѣе или менѣе близкихъ конечныхъ цифрахъ, характеризующихъ водопропускающую способность этихъ объектовъ. Менѣе продолжительные сроки наблюденій могли бы дать совершенно иную картину, что̀ какъ разъ мы и видѣли въ вышеприведенныхъ данныхъ Riegler'а.

Въ своихъ опытахъ надъ водопроводимостью различныхъ мертвыхъ растительныхъ покрововъ, я пользовался тѣми же самыми объектами, которые служили мнѣ и для наблюденій надъ влагоемкостью ихъ, а именно—лѣсной подстилкой изъ-подъ лиственнаго лѣса, подстилкой хвойнаго лѣса и „степнымъ войлокомъ".

---

[1]) Ibid., 1888. S. 437 и 438.

I. Опыты съ лѣсной подстилкой лиственнаго лѣса.

Въ этихъ опытахъ я не пытался выяснять вліяніе на водопроводимость того или другого мертваго растительнаго покрова—состава насажденія. Методъ опредѣленія водопроводимости слишкомъ грубъ для того, чтобы уловить тонкую разницу въ водопропускающей способности различныхъ растительныхъ матеріаловъ (опавшихъ листьевъ дуба, осины, березы и пр.). Хотя несомнѣнно, что форма листьевъ той или другой древесной породы, ихъ сравнительный вѣсъ, нѣжность строенія и пр.—не остаются безъ вліянія на характеръ и плотность ихъ взаимнаго расположенія при опаденіи на поверхность почвы, а это обстоятельство не можетъ въ свою очередь не отражаться на скорости и полнотѣ проникновенія черезъ упомянутые объекты ниспадающей атмосферной воды. Но чтобы уловить эту разницу необходимо предварительно выработать значительно болѣе точную методику самого опыта.

Въ виду высказанныхъ соображеній я поставилъ цѣлью своихъ опытовъ лишь выясненіе того вліянія, которое оказываетъ на водопроводимость того или другого вида лѣсной подстилки степень разложенности послѣдней. Выясненіе даннаго вопроса приблизить насъ, до нѣкоторой степени, къ рѣшенію и другого, тѣсно связаннаго съ первымъ и болѣе важнаго вопроса, а именно—вліянія возраста насажденія на водопропускающую способность накопившейся въ этомъ насажденіи подстилки (предполагая, конечно, что чѣмъ оно старше, тѣмъ съ болѣе разложенной формой мертваго покрова мы имѣемъ дѣло).

Изслѣдуемый матеріалъ помѣщался въ количествѣ 150 gr. (возд. сух.) въ цинковый сосудъ цилиндрической формы (діам. 15 с.) снабженный сѣтчатымъ дномъ, при нѣкоторомъ уплотненіи, съ такимъ расчетомъ, чтобы матеріалъ этотъ занималъ въ сосудѣ

слой, мощностью въ 16 сант. Упомянутый сосудъ затянутъ былъ снизу полотномъ. Сверху затѣмъ была прилита вода въ количествѣ 4 литровъ (единовременно). Стекающая жидкость черезъ опредѣленные промежутки времени измѣрялась. Въ качествѣ объектовъ для наблюденій служили мнѣ различные слои лѣсной подстилки, собранной въ кв. 13. Велико-Анад. Лѣсничества (см. описаніе ихъ выше). Результаты сведены въ слѣдующей таблицѣ:

От начала опыта:	Свѣжіе листья, собранные съ деревьевъ (смѣсь ясеня, ильма, клена—кв. 13).	Поверхностный слой лѣсной подстилки (кв. 13).	Образецъ той же подстилки, взятой съ глуб. 4 с. отъ поверхн.	Образецъ той же подстилки, взятой съ глуб. 11 сант. отъ поверхн.
	c.c.	c.c.	c.c.	c.c.
Спустя 1 мин. просочилось воды . .	1056	1086	408	12
„ 5 мин. просочилось еще. . .	1108	993	328	23
„ 15 мин. „ „ . .	742	642	126	65
„ 30 мин. „ „ . .	268	356	306	44
„ 1 часъ „ „ . .	295	340	109	459
„ 3 часа „ „ . .	90	105	202	505

Дальнѣйшихъ измѣреній я не производилъ, такъ какъ и за этотъ короткій промежутокъ времени наблюденій результаты получились весьма опредѣленные. Оставляя въ сторонѣ не совсѣмъ ясную сравнительную картину, полученную по отношенію къ свѣжимъ листьямъ и къ поверхностному слою подстилки [1]) и обращаясь только къ сравненію различныхъ слоевъ этой подстилки между собою, мы видимъ, что со степенью разложенности ея (а слѣдовательно, съ ея возрастомъ) водопроводимость ея весьма рѣзко падаетъ. Дѣйствительно, мы наблюдаемъ, напр., что поверхностный слой подстилки (самый молодой) уже спустя 1 мин. отъ начала опыта пропустилъ черезъ себя до 27% всей при-

¹) Что вѣроятно, обусловливается сравнительно малой измѣненностью и разложенностью этого послѣдняго объекта.

литой на наго воды, второй слой (болѣе разложенный) около $10^0/_0$, и наконецъ третій (еще болѣе разложенный) лишь $0,3^0/_0$. За всѣ 3 часа наблюденій черезъ поверхностный слой подстилки просочилось 3522 с.с. (изъ 4 литр.) черезъ второй слой (съ глуб. 4 с.) лишь 1479 с.с., и наконецъ, черезъ третій слой (съ глуб. 11 сант.) всего 1108 с.с. [1]). Явленіе это обусловливается, по всей вѣроятности тѣмъ, что тотъ или другой растительный объектъ, по мѣрѣ своего разложенія, принимаетъ все болѣе и болѣе гумусоподобную форму и строеніе, и дѣлается, въ силу этого, болѣе мелкочастичнымъ и связнымъ, что и влечетъ за собой какъ уменьшеніе его водопроводимости, такъ, съ другой стороны, и повышеніе влагоемкости его (см. выше).

Если мы перенесемъ эти выводы въ природу, то, принимая во вниманіе, что всякій растительный мертвый покровъ, вообще говоря, состоитъ какъ бы изъ отдѣльныхъ слоевъ, представляющихъ собой различныя стадіи разложенности, причемъ, чѣмъ ближе къ дневной поверхности, тѣмъ слои эти являются все менѣе измѣненными, а самый поверхностный слой этого комплекса представляетъ собой только что отпавшія, даже не затронутыя еще процессами разложенія, части растеній; принимая все это во вниманіе, мы не можемъ не отмѣтить того, что характеръ такого строенія мертваго покрова имѣетъ прежде всего, весьма существенное значеніе для быстраго и легкаго проникновенія въ него атмосферныхъ осадковъ, такъ какъ поверхностные слои этого объекта въ силу своей малой разложенности, не представляютъ собой, такимъ образомъ, никакого препятствія такому проникновенію. Съ другой стороны—разъ проникшіе осадки въ болѣе глубокіе слои покрова, будутъ

[1]) Что касается перваго изъ названныхъ объектовъ, то, хотя влагоемкость его $=497,9^0/_0$ (см. выше),—тѣмъ не менѣе весьма крупная цифра просочившейся черезъ него воды въ теченіе 3 ч. не должна казаться странной, такъ какъ несомнѣнно, что за такой короткій промежутокъ времени, притомъ при быстромъ сравнительно токѣ воды, объектъ этотъ не могъ еще достигнуть полнаго насыщенія.



уже обезпечены отъ обратныхъ потерь путемъ испаренія въ атмосферу, такъ какъ мало разложившіяся части растеній, а тѣмъ болѣе свѣжія, которыя, какъ мы видѣли, и являются обычно самымъ внѣшнимъ покровомъ, не обладая совершенно капиллярными свойствами (въ чемъ мы убѣдимся нѣсколько ниже), представляютъ собой весьма совершенную гарантію отъ испаренія воды изъ нижележащихъ слоевъ.

Такимъ образомъ, и во всѣхъ указанныхъ фактахъ мы не можемъ лишній разъ не видѣть элементовъ, опять-таки компенсирующихъ до извѣстной степени тѣ неблагопріятныя явленія, которыя могутъ создаваться лѣснымъ массивомъ по отношенію къ свободному, такъ сказать, общенію выпадающихъ атмосферныхъ осадковъ съ лѣсной почвой.

Но въ еще болѣе рельефной формѣ сказались эти положительныя свойства мертваго растительнаго покрова, взятаго изъ-подъ хвойнаго лѣса и съ поверхности дѣвственной почвы.

II. Опыты съ лѣсной подстилкой изъ-подъ хвойнаго лѣса.

Результаты этихъ опытовъ, вмѣстѣ съ описаніемъ изслѣдуемыхъ объектовъ, сведены въ слѣдующей таблицѣ: (въ качествѣ матеріала служила хвоя ели, взятая на различныхъ стадіяхъ разложенія; объектъ этотъ занималъ въ сосудѣ слой мощностью въ 12 сантиметровъ).

Отъ начала опыта:	Свѣжая хвоя ели, собранная съ дерева	Хвоя ели, разлагавшаяся въ теченіе 3 мѣс.	Хвоя ели, разлагавшаяся въ теченіе 11 мѣс.
	с.с.	с.с.	с.с.
Спустя 5 минутъ просочилось воды.	3301	3246	3223
Спустя 30 мин. просочилось еще	509	488	574
Спустя 1 часъ.	143	173	109

Разсматривая цифры этой таблицы, мы прежде всего констатируемъ здѣсь такое легкое и быстрое проникновеніе воды, которое значительно превосходитъ соотвѣтствующія величины, найденныя нами по отношенію къ подстилкѣ изъ подъ лиственнаго лѣса; съ другой стороны эта легкая водопроводимость хвойной подстилки является, какъ показываютъ вышеприведенныя цифры, свойствомъ общимъ, и имъ обладаютъ въ одинаковой мѣрѣ какъ свѣжіе, такъ и подвергавшіеся длительному разложенію объекты. Такимъ образомъ, мертвая подстилка хвойнаго лѣса, хотя и получаетъ, при прочихъ равныхъ условіяхъ, сравнительно съ лиственнымъ лѣсомъ, меньшее количество атмосферныхъ осадковъ (часть ихъ, и довольно большая, задерживается, какъ намъ уже извѣстно, кронами деревьевъ), но, обладая огромной и быстрой водопроницаемостью, представляетъ собой прекрасное посредствующее звено въ передачѣ атмосферныхъ осадковъ въ лѣсную почву, особенно, если прибавить сюда и ничтожную влагоемкость этого объекта.

Что касается того, почему водопроводимость хвойныхъ объектовъ, находящихся на различныхъ стадіяхъ разложенности, мало между собой разнится, то едва ли будетъ ошибкой объяснить этотъ фактъ опять таки малой вообще разлагаемостью этого матеріала, что, какъ мы видѣли это раньше, доказано было прямыми опытами, и что находитъ себѣ косвенное подтвержденіе въ малой также измѣняемости и другого его свойства—влагоемкости.

III. Опыты со „степнымъ войлокомъ“.

На опытахъ со „степнымъ войлокомъ“ я подробно не останавливаюсь; ограничусь лишь приведеніемъ соотвѣтствующихъ цифръ.

Отмѣчу только, что свойствами водопроводимости онъ весьма напоминаетъ намъ предъидущій объектъ, т.-е. въ выс-

шей степени легко и быстро проводитъ черезъ себя воду, и является поэтому такимъ же положительнымъ посредникомъ между атмосферными осадками—съ одной стороны и степной почвой—съ другой, какъ то мы видѣли по отношенію къ мертвому покрову, накопляющемуся въ хвойныхъ насажденіяхъ.

Данныя анализовъ сведены въ слѣд. таблицѣ:

Просочилось воды (въ с.с.) отъ начала опыта:

Спустя 5 мин.	2724	сс.
„ 15 мин. просочилось еще . . .	712	„
„ 30 мин.	218	„
„ 1 часъ	183	„

C. Испаряемость мертвыхъ растительныхъ покрововъ. Капиллярныя свойства ихъ.

До сихъ поръ мы разсматривали свойства различныхъ мертвыхъ растительныхъ покрововъ, характеризующія способность ихъ такъ или иначе проводить атмосферные осадки въ почву и такъ или иначе утилизировать эти послѣдніе. Теперь мы перейдемъ къ изученію, такъ сказать, обратныхъ свойствъ этихъ объектовъ,—т.-е., какъ легко и быстро принятая изъ атмосферы влага можетъ обратно выдѣляться ими въ воздухъ—путемъ, напр., испаренія, путемъ капиллярнаго движенія воды изъ нижнихъ слоевъ въ верхніе и т. п. Для общаго суммарнаго представленія о гидрологической роли мертвыхъ покрововъ въ жизни почвы необходимо, конечно, подвергнуть детальному изученію возможно болѣе разнообразныя водныя свойства этихъ объектовъ, всесторонне характеризующія эти послѣднія какъ съ положительной, такъ и со стороны отрицательной.

Обратимся, въ виду этого, прежде всего къ разсмотрѣнію вопроса, насколько легко и расточительно теряетъ принятую воду тотъ или другой покровъ—путемъ испаренія. Первыя систематическія указанія на испаряемость различныхъ расти-

тельныхъ матеріаловъ мы встрѣчаемъ у Ebermayer'a [1]). Взявъ для своихъ опытовъ растительные объекты, достигшіе полной влагоемкости, и взвѣсивъ опредѣленный объемъ ихъ, цитируемый авторъ раскладывалъ ихъ въ комнатѣ тонкимъ слоемъ и ежедневно, въ теченіе 3-хъ недѣль, измѣрялъ взвѣшиваніемъ потерю изъ нихъ испаряющейся воды.

Опавшіе листья бука (содержавшіе предварительно 175% влаги) испарили воды:

			°R	%
въ теченіе первыхъ	5 дней	(при средней t° воздуха въ	13,6)	—103,7
„ слѣдующихъ	5 „	(„ „ „ „ „	15,9)	— 65,2
„ „	5 „	(„ „ „ „ „	18,7)	— 4.6
„ „	5 „	(„ „ „ „ „	15,7)	— 1,5
				всего 175%

Хвоя сосны (съ 94% влажности):

въ теченіе первыхъ	5 дней	(„ „ „ „ „	13,6)	— 53,9
„ слѣдующихъ	5 „	(„ „ „ „ „	15,9)	— 36,8
„ „	5 „	(„ „ „ „ „	18,7)	— 3,1
„ „	5 „	(„ „ „ „ „	15,7)	— 0,0
				всего 93,8%

Хвоя ели (съ 144% влажности):

въ теченіе первыхъ	5 „	(„ „ „ „ „	13,6)	— 97,3
„ слѣдующихъ	5 „	(„ „ „ „ „	15,9)	— 42.4
„ „	5 „	(„ „ „ „ „	18,7)	— 4,1
„ „	5 „	(„ „ „ „ „	15,7)	— 0,0
				всего 143,8%

Мохъ (съ 234% влажности):

въ теченіе первыхъ	5 дней	(„ „ „ „ „	13,6)	—150,0
„ слѣдующихъ	5 „	(„ „ „ „ „	15,9)	— 70,5
„ „	5 „	(„ „ „ „ „	18,7)	— 11,7
„ „	5 „	(„ „ „ „ „	15,7)	— 1,8
				всего 234,0%

На основаніи этихъ, дѣйствительно, весьма крупныхъ цифръ, Ebermayer приходитъ къ заключенію, что лѣтомъ, въ сухую погоду, при средней t° воздуха въ 15° — 16°R. — даже насыщенная водой лѣсная подстилка теряетъ путемъ испаренія большую часть своей воды уже черезъ 10 дней, а спустя

[1]) Ebermayer. Die gesammte Lehre der Waldstreu, 1876, S. 181, 182. Подробныя цифры сведены въ табл. VI в., S. 107—110.

4*



15—16 дней достигаетъ уже воздушно-сухого состоянія (если не считать мха, который высыхаетъ очень медленно и теряетъ всю свою воду лишь спустя 3 недѣли; но объектъ этотъ насъ мало интересуетъ — это живой растительный покровъ, а не мертвый).

Данныя Ebermayer'a, при всемъ ихъ интересѣ, даютъ намъ однако мало представленія о томъ, какъ идетъ процессъ испаренія воды изъ того или другого растительнаго покрова въ природныхъ условіяхъ, гдѣ объектъ этотъ занимаетъ опредѣленной мощности слой. Изучая испаряемость этого матеріала, расположеннаго тонкимъ разбросаннымъ слоемъ (какъ то и было въ опытахъ Ebermayer'a), мы можемъ составить себѣ представленіе только о томъ, какъ идетъ въ природѣ высыханіе лишь поверхностнаго слоя этого объекта, или же какъ совершается этотъ процессъ въ самыхъ молодыхъ лѣсныхъ насажденіяхъ, гдѣ мертвый покровъ еще не успѣлъ накопиться въ достаточномъ количествѣ.

Многочисленные опыты Wollny [1]) съ испаряемостью различныхъ растительныхъ остатковъ, какъ разъ, затрагиваютъ, между прочимъ, и указанный вопросъ—о вліяніи толщины и мощности слоя на интенсивность испаренія. Всѣхъ данныхъ и всѣхъ цифръ, полученныхъ Wollny, я, конечно, не привожу. Ограничусь лишь главнѣйшими суммарными выводами изъ его работъ. Но предварительно я долженъ указать, что и упомянутые опыты Wollny также страдаютъ такими дефектами, которые не даютъ намъ возможности ни слѣдить за постепеннымъ ходомъ самаго процесса испаренія изъ растительныхъ

---

[1]) Wollny. 1) „Untersuchungen über Wasserkapacität und das Verdunstungsvermögen verschiedener Streumaterialen" („Forsch. auf dem Gebiete der Agrikulturphysik". VII, 1884, S. 318—321).

2) „Forstlich-meteorologische Beobachtungen" (ibid., X, 1888, S. 439—442).

3) „ „ „ („ XIII, 1890, S. 141—143).

4) „Die Zersetzung der Organisch. Stoffe und die Humusbildungen"... etc., 1897, S. 302.

матеріаловъ воды, ни, тѣмъ болѣе, непосредственно перенести выводы этихъ опытовъ въ природу. Дѣйствительно, прежде всего необходимо указать на совершенно неестественный способъ наполненія сосудовъ изслѣдуемымъ матеріаломъ (въ возд.-сух. состояніи); а именно—послѣдній укладывался тамъ при постоянномъ, очень сильномъ прессованіи („So fest als möglich"); мало того, при предварительномъ насыщеніи матеріала водой (наблюденія надъ испаряемостью велись съ объектами, достигшими полной влагоемкости)—являлась возможность еще болѣе его утрамбовывать, что систематически въ теченіе всего опыта и практиковалось изслѣдователемъ [1]). Съ такими-то сильно уплотненными объектами оперировалъ авторъ. И можно заранѣе предвидѣть, что такой предварительной операціей въ изслѣдуемой массѣ создавалась искусственно система капиллярныхъ ходовъ, по которымъ и подавалась безпрерывно вода изъ болѣе глубокихъ слоевъ въ верхніе, гдѣ послѣдняя и испарялась безпрепятственно въ атмосферу. Въ результатѣ—цифры должны были получиться, конечно, сильно повышенныя.

Далѣе, и самая методика наблюденія надъ испаряемостью, примѣненная Wollny—не даетъ намъ какого-либо опредѣленнаго и конкретнаго представленія о постепенномъ ходѣ этого процесса. Дѣйствительно, сосуды, наполненные тѣмъ или другимъ объектомъ, были выставлены на воздухъ, гдѣ они подвергались непосредственному воздѣйствію солнца и вѣтра („der Sonne und dem Winde ausgesetzt") [2]). Почти ежедневно (въ опытахъ 1884 г.), или одинъ разъ въ недѣлю (въ опытахъ 1886, 1887 и 1890 гг.) сосуды взвѣшивались, и, такимъ образомъ, опредѣлялось въ нихъ количество испарившейся воды.

---

[1]) При опредѣленіи влагоемкости того или другого матеріала, каковую, какъ мы видѣли выше, Wollny перечислялъ обычно на объемъ, а не на вѣсъ — такое предварительное уплотненіе, конечно, диктуется задачами самаго опыта, но при опредѣленіи испаряемости—этимъ создавалась искусственно совершенно необычайная обстановка.

[2]) На время дождя они уносились въ закрытое помѣщеніе

T° воздуха однако попутно не измѣрялась, но, конечно, она все время колебалась и измѣнялась, измѣнялось направленіе и сила вѣтра, интенсивность инсоляціи и пр. и пр. — все это должно было, конечно, отражаться на интенсивности испаренія, — почему, при разсмотрѣніи таблицъ Wollny и бросается въ глаза неравномѣрность и непослѣдовательность цифръ, характеризующихъ это испареніе и идущихъ все время какъ бы скачками. Такимъ образомъ, постепеннаго процесса потери воды тѣмъ или другимъ объектомъ, при неизмѣняющихся внѣшнихъ условіяхъ (t°, освѣщенія и пр.) уловить, при такой постановкѣ опыта, нельзя, а приходится лишь ограничиться конечными, суммарными итогами, выведенными за рядъ мѣсяцевъ.

Главнѣйшіе выводы, къ которымъ пришелъ Wollny на основаніи своихъ многочисленныхъ опытовъ, заключаются въ слѣд.:

1) Отмершія части растеній испаряютъ воды значительно меньшія количества, чѣмъ различные типы почвъ (глина, песокъ, торфъ).

2) Изъ различныхъ растительныхъ матеріаловъ особенно большія количества воды испаряетъ мохъ [1]); далѣе слѣдуютъ, въ убывающемъ порядкѣ: листва дуба и бука, хвоя сосны и ели, но разница между всѣми ими въ этомъ отношеніи сравнительно ничтожная [2]).

3) Испаряемость отмершими растительными остатками воды тѣмъ меньше, чѣмъ болѣе мощный слой они занимаютъ; но начиная съ 20 сантиметроваго слоя—дальнѣйшее утолщеніе особеннаго значенія въ этомъ отношеніи не имѣетъ.

---

[1]) Замѣтимъ кстати, что Ebermayer (см. выше) въ своихъ опытахъ пришелъ совершенно къ обратному заключенію.

[2]) Этотъ выводъ дается Wollny на основаніи опытовъ 1888 и 1890 гг.; въ опытахъ же 1884 г., а также въ своей послѣдней сводочной работѣ („Die Zersetzung"... etc), онъ указываетъ, что хвойные объекты (главнымъ образомъ сосна) испаряютъ больше лиственныхъ, хотя разница эта — ничтожная и непостоянная.

Въ качествѣ иллюстраціи къ этимъ положеніямъ — привожу слѣд. сводочную таблицу, данную Wollny въ его послѣдней работѣ [1]).

Количество испарившейся воды (въ mm):

Годъ наблюденія.	Количество выпавшихъ осадковъ.	Мощность слоя - 5 cm.					Мощность слоя—30 cm.			
		Опавшая листва дуба.	Опавшая листва бука.	Хвоя ели.	Хвоя сосны.	Мохъ.	Опавшая листва дуба.	Опавшая листва бука.	Хвоя ели.	Хвоя сосны.
1886 г.	713,2	279,2	—	275,5	—	340,2	167,6	165,0	216,7	198,0
1887 „	466,3	262,9	—	244,2	—	281,5	108,2	106,9	104,7	205,9
1888 „	823,0	293,2	301,4	227,6	294,5	380,9	—	—	—	—
Средн.	667,5	278,4	—	249,1	—	334,2	137,9	135,9	160,7	201,9

Вліяніе различной мощности слоя.

Мощность слоя въ cm.	Опавшая листва дуба.			Опавшая хвоя ели.			Мохъ. 1888 г.
	1886 г.	1887 г.	Среднее.	1886 г.	1887 г.	Среднее.	
5	279,2	262,9	271,0	275,5	244,2	259,8	380,9
10	225,3	282,2	253,8	229,8	279,4	254,6	358,2
15	—	—	—	—	—	—	295,5
20	165,8	119,2	142,5	191,5	87,3	139,4	230,6
25	—	—	—	—	—	—	226,3
30	167,5	108.2	137,8	216,7	104,2	160,4	224,9

Мои, излагаемые ниже, опыты съ испаряемостью различныхъ объектовъ касались какъ отдѣльныхъ неразложившихся частей растеній, такъ и естественныхъ комплексовъ ихъ, скопляющихся на поверхности почвы въ видѣ того или другого мертваго растительнаго покрова.

Изслѣдуемые матеріалы, доведенные предварительно до пол-

[1]) „Die Zersetzung der organ. Stoffe"... etc., 1896, s. 302.

ной влагоемкости, помѣщались въ тѣ самые металлическіе сосуды, которые служили намъ и для опытовъ съ водопроводимостью. Сѣтчатое дно этихъ сосудовъ, конечно, было наглухо закрыто. Стѣнки сосудовъ закрывались чехломъ, состоящимъ изъ нѣсколькихъ слоевъ толстаго картона, чтобы хотя немного умѣрить вліяніе на нихъ окружающей t°. Сосуды помѣщались въ полутемной комнатѣ, гдѣ t° воздуха держалась довольно равномѣрно — въ предѣлахъ отъ 12° до 14° C. Въ опредѣленные промежутки времени сосуды взвѣшивались и въ результатѣ узнавалось, такимъ образомъ, количество испарившейся воды. Тотъ или другой растительный объектъ укладывался въ сосуды безъ всякаго уплотненія или потряхиванія, такъ какъ, будучи совершенно насыщенъ водой, располагался тамъ и безъ того довольно компактной массой. Матеріала бралось столько, чтобы заполнить сосудъ совершенно, — до краевъ; при этомъ, вѣсъ различныхъ объектовъ былъ конечно различный, что однако не представлялось для насъ важнымъ. Дѣйствительно, — въ задачи описываемыхъ опытовъ отнюдь не входило пока изученіе сравнительной способности къ испаренію различныхъ, взятыхъ для опыта, объектовъ и какого-либо сравнительнаго количественнаго учета ихъ съ этой стороны. Для того, чтобы рѣшить вопросъ, что больше испаряетъ, при прочихъ равныхъ условіяхъ, листва-ли дуба, или бука, осины и пр., хвоя ли ели, сосны, пихты и т. п., — необходимо, конечно, организовать массовые опыты съ этими объектами, при соблюденіи самыхъ тонкихъ и детальныхъ при этомъ предосторожностей, такъ какъ то или иное количество испаряющейся воды будетъ зависѣть отъ возраста взятаго объекта, его величины, строенія, а слѣдовательно, способа размѣщенія въ общей массѣ отдѣльныхъ частей, количества промежутковъ между послѣдними и пр. и вполнѣ естественно, что найденная та или другая разница въ количествѣ испарившейся воды будетъ имѣть своей причиной никакъ не характеръ того или другого изслѣдуемаго

объекта самого по себѣ, а индивидуальную способность его — такъ или иначе размѣщать отдѣльные свои ингредіенты съ такимъ или инымъ количествомъ свободныхъ промежутковъ и т. п. Излагаемые же ниже наблюденія имѣли пока другую цѣль, а именно — по отношенію къ тому или другому растительному объекту выяснить характеръ и послѣдовательность самаго процесса потери имъ воды путемъ испаренія, не стремясь къ сопоставленію между собою цифръ, полученныхъ по отношенію къ различнымъ объектамъ.

Результаты изслѣдованія испаряемости сведены въ слѣд. таблицѣ:

Изслѣдуемый матеріалъ.	Влажность его въ насыщ. сост. (въ % къ возд. сух. вещ.)	Испарилось воды (въ %) спустя:											Всего за 42 дня испарилось.
		1 д.	2 д.	3 д.	5 д.	7 д.	10 д.	14 д.	21 д.	28 д.	35 д.	42 д.	
Свѣж. листья березы . . .	221,0%	10,3	2,2	1.7	0,3	0,5	0,8	0,3	0,2	0,1	0,4	0,2	17,0%
Свѣжая хвоя ели	98,0%	6,1	3,2	0,4	1,2	1,1	0,7	0,3	0,4	0,2	0,4	0,2	14,2%
Лѣсная подст. изъ кв. 13) .	668,2%	9,1	3,9	2,5	2,3	1,8	2,3	4,1	4,6	0,3	0,3	1,1	32,3%
Подстилка изъ ...оваго лѣса Виленск. г.).	117,3%	7,4	2,4	3,1	1,8	0,3	3,7	4,4	1,5	0,6	0,2	0,3	25,7%
Степной войлокъ. . . .	276,3%	5,1	2,3	4,8	0,3	2,3	3,6	1,0	0,3	0,1	0,2	0,1	20,1%

Сравнивать различные объекты между собою — было бы, въ силу высказанныхъ выше соображеній, неправильно, но, разсматривая цифры этой сводочной таблицы — мы не можемъ не отмѣтить слѣдующаго, весьма любопытнаго факта, который является общимъ для всѣхъ изслѣдуемыхъ матеріаловъ и который упорно повторяется во всѣхъ разсмотрѣнныхъ случаяхъ, это — фактъ почти полнаго прекращенія процесса испаренія воды матеріаломъ, послѣ извѣстнаго промежутка времени, различнаго въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ. На это ука-

зываетъ и вычисленіе общаго суммарнаго количества потерянной путемъ испаренія воды за всѣ 42 дня наблюденій, которыя (количества) измѣряются, какъ мы видимъ, совершенно незначительными величинами. Наконецъ, непосредственное изслѣдованіе всѣхъ взятыхъ для опыта объектовъ, убѣждало, что высохшимъ слоемъ являлся лишь поверхностный слой; нижніе же слои оставались совершенно влажными. Чѣмъ же объяснить указанный фактъ, что процессы испаренія растительными объектами воды, совершающіеся, какъ показываютъ вышеприведенныя цифры, первые дни довольно энергично — въ дальнѣйшемъ угнетаются настолько, что послѣдующая потеря изъ нихъ воды начинаетъ измѣряться сравнительно уже ничтожными величинами? Какимъ образомъ объяснить себѣ и тотъ фактъ, что болѣе разложенныя формы растительныхъ массъ (лѣсныя подстилки), въ суммарномъ итогѣ, потеряли путемъ испаренія значительно большее количество воды, чѣмъ свѣжія?

Мнѣ кажется, что процессы эти надо представлять себѣ такимъ образомъ, что главная масса испаряющейся воды приходится на долю лишь самаго поверхностнаго слоя растительныхъ объектовъ. Послѣ довольно быстраго его высыханія, что сопровождается нѣкоторымъ съёживаніемъ и разрыхленіемъ его, онъ начинаетъ играть роль предохранительной покрышки отъ испаренія нижележащихъ слоевъ—какъ въ силу своей плохой теплопроводности, такъ и въ силу того, что на границѣ высохшаго слоя капиллярные ходы, по которымъ могла бы безпрерывно подниматься вода,—являются разорванными. Изсушеніе однако коснется, рано или поздно, и слѣдующаго, болѣе глубокаго слоя. Высохнувъ, и этотъ слой, вмѣстѣ съ первымъ, будетъ играть роль предохранительной покрышки, но только ихъ суммарное въ этомъ отношеніи дѣйствіе будетъ уже болѣе дѣйствительнымъ и т. д. Въ результатѣ—мы должны встрѣчаться съ все болѣе и болѣе затрудненнымъ испареніемъ воды изъ

изслѣдуемыхъ матеріаловъ, что какъ разъ и подтверждается соотвѣствующими наблюденіями.

Прибавлю къ сказанному, что растительные объекты, о которыхъ идетъ рѣчь, даже будучи въ сильно-разложенномъ состояніи, обладаютъ совершенно ничтожными, часто не поддающимися непосредственному учету, капиллярными свойствами. Что же касается мало разложившихся, а тѣмъ болѣе свѣжихъ объектовъ—то они абсолютно лишены ихъ. Это обстоятельство также играетъ весьма важную (а, быть можетъ, и главную) роль въ описываемомъ явленіи, способствуя сохраненію влаги въ болѣе глубокихъ слояхъ—въ теченіе значительнаго промежутка времени.

Что описываемые матеріалы обладаютъ ничтожной капиллярностью, или чаще совершенно даже лишены ея—я убѣдился непосредственными опытами.

Въ открытыя стеклянныя трубки (діам. 5 с., длиной 25 с.), затянутыя съ одного конца плотнымъ полотномъ—помѣщались, умышленно въ довольно уплотненномъ состояніи [1], тѣ или другіе изслѣдуемые матеріалы, занимавшіе въ описываемыхъ трубкахъ слой мощностью въ 23 сант. Трубки эти погружались въ сосудъ съ водой на глубину 1 с. Уровень воды въ упомянутомъ сосудѣ поддерживался все время постояннымъ—помощью опрокинутой колбы, наполненной водой. Верхнее отверстіе трубокъ было прикрыто (отъ испаренія) часовымъ стекломъ. Такъ какъ обычный способъ опредѣленія капиллярнаго поднятія воды—путемъ непосредственнаго наблюденія глазомъ,—здѣсь, конечно, былъ не примѣнимъ, то я прибѣгъ къ другому способу; а именно—спустя 27 дней отъ начала опыта опредѣлилъ, послойно, влажность всѣхъ служившихъ для опыта объектовъ. Результаты этого опредѣленія приведены въ нижеслѣдующей таблицѣ:

[1]) Опыты съ разрыхленнымъ матеріаломъ, въ виду очевидныхъ и безъ того результатовъ, не представляли интереса.



Влажность растит. матеріаловъ въ % къ вещ., высуш. при 105°C.

	Передъ началомъ опыта.	Спустя 27 дней. На глуб. 19—20 с.	На глуб. 13—14 с.	На глуб. 5—6 с.
	%	%	%	%
1) Свѣжіе листья березы.	5,27	5,28	5,30	5,27
2) Степной войлокъ . .	8,05	8,10	8,06	8,06
3) Еловая подстилка . .	10,43	10,44	10,42	10,44
4) Подстилка листв. лѣса (кв. 13).	13,46	13,49	13,50	13,46

Ничтожное повышеніе влажности въ нѣкоторыхъ случаяхъ надо объяснить себѣ, конечно, ничѣмъ инымъ, какъ испареніемъ воды изъ самаго нижняго слоя (опущеннаго въ воду) въ болѣе верхніе и гигроскопичностью послѣднихъ, но отнюдь не капиллярнымъ поднятіемъ ея. Въ послѣднемъ случаѣ намъ пришлось бы констатировать, наоборотъ, огромную прибавку во влажности взятыхъ объектовъ. Въ свѣжемъ же, неразложившемся объектѣ это повышеніе влажности, въ силу возможной гигроскопичности ихъ, и совершенно почти неуловимо.

Описанными опытами и высказанными соображеніями подчеркивается, какъ мнѣ кажется, весьма рельефно тотъ фактъ, что въ лицѣ мертваго растительнаго покрова, скопляющагося на поверхности почвы, мы имѣемъ субстратъ, наиболѣе совершеннымъ и полнымъ образомъ охраняющій верхніе почвенные горизонты отъ потери ими воды.

Возьмемъ, дѣйствительно, для примѣра совершенно молодыя лѣсныя насажденія, или дѣвственную степную почву, гдѣ, какъ извѣстно, мертвый покровъ занимаетъ слой сравнительно небольшой мощности. Здѣсь мы можемъ предвидѣть, что даже совершенно высохнувъ подъ вліяніемъ t° окружающаго воздуха,—покровъ этотъ представитъ собой тѣмъ не менѣе лучшую гарантію отъ испаренія воды изъ нижележащей почвы—какъ въ силу отсутствія капиллярныхъ свойствъ въ немъ самомъ (особенно, принимая во вниманіе малую разложенность этого субстрата въ молодыхъ насажденіяхъ), такъ и въ силу

того, что капиллярные ходы, имѣющiеся въ почвѣ, будутъ разорваны на границѣ съ вышележащимъ покровомъ. Другими словами, мы будемъ имѣть въ данномъ случаѣ то же самое отѣняющее и охраняющее отъ испаренiя дѣйствiе мертваго покрова, которое констатировано и подтверждено уже многочисленными опытами по отношенiю къ аналогичной роли разбросаннаго на поверхности почвы тонкаго слоя навоза, соломы и т. п. [1]).

Что же касается старыхъ, сильно разложившихся формъ покрововъ, то если въ природѣ они и залегаютъ иногда, подъ влiянiемъ долгаго времени, въ видѣ плотныхъ массъ, и обладаютъ, въ силу этого, быть можетъ, даже и значительными капиллярными свойствами, то не надо при этомъ, однако, забывать, что самый поверхностный слой ихъ опять-таки состоитъ изъ тѣхъ же мало разложившихся, отмершихъ за послѣднiе годы, остатковъ. Такимъ образомъ, какъ въ первомъ изъ разсмотрѣнныхъ случаевъ, такъ и здѣсь, самый поверхностный слой, въ силу своихъ опредѣленныхъ водныхъ свойствъ, будетъ играть роль покрова, въ совершенствѣ предохраняющаго нижележащiе слои отъ испаренiя. Особенно важное значенiе имѣютъ указанныя свойства растительныхъ покрововъ, конечно, для южныхъ степныхъ почвъ, гдѣ, какъ извѣстно, благодаря высокой t° воздуха, изсушающему дѣйствiю вѣтровъ, солнца

---

[1]) См., напр., „Краткiй Отчетъ по Оп. Полю Полтавск. С.-Х. Общ." за 1901 г. стр. 47. Wollny „Der Einfluss der Pflanzendecke und Beschattung auf die physik. Eigenschaften" . . . etc 1877; S. 111.

По опытамъ Фрике (An. d. l. Sc. Agron., 1902, T. II.—статья Henry) влажность въ мѣстахъ, покрытыхъ лѣсной подстилкой была на 20% больше, чѣмъ въ мѣстахъ, гдѣ она удалена.

С. Кулжинскiй („Хозяинъ, 1906. № 25) указываетъ на опыты въ имѣнiи Харитоненко, гдѣ на пространствѣ 30 дес. яровые и озимые посѣвы покрывались „обоинами", „хоботьемъ" (въ 1/4 в. толщиной), и тогда излишекъ урожая сахарной свеклы составлялъ 300 пуд., а пшеницы — около 36 пуд. — какъ результатъ лучшаго сохраненiя при этомъ влаги въ почвѣ.

и пр. съ обнаженной почвы испаряется, наоборотъ, огромное количество влаги.

Такимъ образомъ, знакомство со свойствами капиллярности и испаряемости различныхъ растительныхъ матеріаловъ снова заставляетъ насъ смотрѣть на послѣдніе, какъ на объекты, весьма скупо расходующіе, путемъ испаренія, запасы воспринятой изъ атмосферы влаги.

Чтобы выяснить полнѣе водныя свойства растительныхъ остатковъ, накопляющихся на поверхности почвы,—мною производились опыты и съ опредѣленіемъ ихъ гигроскопичности, т. е. способности такъ или иначе поглощать парообразную влагу изъ атмосферы [1]). Однако, цифры, даже по отношенію къ сильно разложившимся объектамъ, получались всякій разъ такія ничтожныя, которыя ни въ коемъ случаѣ не могутъ играть какой-либо замѣтной роли въ общемъ водномъ балансѣ этихъ матеріаловъ; а потому приводить полученныя данныя я считаю излишнимъ.

Всѣми высказанными выше соображеніями, логически вытекающими изъ опытовъ надъ изученіемъ нѣкоторыхъ физическихъ свойствъ мертвыхъ растительныхъ покрововъ, накопляющихся на поверхности почвы, обрисовывается довольно опредѣленно, правда, лишь въ общихъ чертахъ, роль этихъ покрововъ въ такомъ многосложномъ, зависящемъ отъ такихъ многоразличныхъ условій явленіи, какъ влажность той или другой почвы. Какъ я уже имѣлъ случай высказать это нѣсколько выше, при изученіи этого сложнаго явленія имѣются два пути: одинъ — болѣе скорый, и вмѣстѣ съ тѣмъ болѣе непосредственно подвигающій насъ къ конечному сужденію о немъ, это—путь непосредственнаго опредѣленія влажности

---

[1]) Опредѣленное количество изслѣдуемаго матеріала помѣщалось въ фарфоровой объемистой чашкѣ подъ стеклянный колпакъ, края котораго входили на 0,5 сант. въ сосудъ съ водой. Этимъ путемъ создавалась внутри колпака атмосфера, насыщенная водой.



той или другой почвы, при тѣхъ или другихъ условіяхъ и т. д. При этомъ методѣ мы получаемъ понятіе о влажности почвы, какъ о суммарномъ итогѣ цѣлаго ряда входящихъ въ это явленіе отдѣльныхъ производныхъ. Идя такимъ путемъ, мы можемъ быстро и непосредственно отвѣтить на цѣлый рядъ практическихъ вопросовъ, связанныхъ съ этимъ важнѣйшимъ факторомъ плодородія почвы—ея влажностью. Работами въ этомъ именно направленіи создалась та огромнѣйшая литература, которая имѣется по вопросу о влажности почвы вообще. И нельзя не скрыть того, что на ряду съ цѣннѣйшими трудами, имѣющимися въ этой области (и, главнымъ образомъ, русскихъ изслѣдователей) мы встрѣчаемся вмѣстѣ съ тѣмъ съ такимъ количествомъ литературнаго балласта, весьма часто противорѣчиваго, которое настоятельно требуетъ самаго тщательнаго пересмотра. Обиліе такого несистематизированнаго и часто несравнимаго между собой матеріала обусловливается ничѣмъ инымъ, какъ именно тѣмъ, что въ стремленіяхъ получить скорый и непосредственный отвѣтъ относительно конечнаго, суммарнаго содержанія влаги въ интересующей почвѣ изслѣдователи мало удѣляли времени анализу отдѣльныхъ производныхъ, обусловливающихъ общей своей совокупностью данное явленіе. Дѣйствительно, изъ чего слагается общій водный балансъ той или другой почвы? Изъ цѣлаго ряда самыхъ разнообразныхъ слагающихъ, то взаимно содѣйствующихъ, то взаимно парализующихъ. Влажность почвы это есть функція самыхъ разнообразныхъ производныхъ — количества, времени и характера выпадающихъ осадковъ, характера, возраста и густоты растительности, интенсивности транспираціи и потребленія ею почвенной влаги, распредѣленія t°, силы инсоляціи, физико-механическихъ и химическихъ свойствъ самой почвы, количества задерживаемой атмосферной воды листьями и вѣтвями растеній (что въ свою очередь зависитъ также отъ цѣлаго ряда условій), присутствія того или другого мертваго

растительнаго покрова, его плотности, мощности, состава, степени разложенности и пр. Всѣ упомянутыя производныя могутъ комбинироваться, въ природныхъ условіяхъ, конечно, самымъ разнообразнымъ образомъ.

Тотъ другой путь въ изученіи гидрологическаго баланса почвы, о которомъ я упомянулъ выше, и заключается именно въ томъ, чтобы расчленить изучаемое явленіе на рядъ отдѣльныхъ вопросовъ, выяснить отдѣльно роли въ этомъ сложномъ явленіи каждаго изъ производныхъ, сводя, конечно, остальныя производныя къ одному знаменателю. Путь, несомнѣнно, значительно болѣе медленный и, такъ сказать, окольный, но вѣрнѣе ведущій къ пониманію изучаемаго явленія. Необходимо только указать, что методъ этотъ примѣнимъ, почти исключительно, лишь въ лабораторной обстановкѣ, гдѣ только и возможно по своему желанію и сообразно намѣченной цѣли комбинировать такъ или иначе условія опыта.

Исходя изъ этихъ соображеній, цѣлью изложенныхъ въ этой I-ой главѣ опытовъ и поставлено было изученіе водныхъ свойствъ того объекта, который является однимъ изъ упомянутыхъ производныхъ, и, на основаніи знакомства съ этими внутренними свойствами, составить себѣ общее представленіе о той возможной роли, которую могъ бы играть этотъ объектъ въ природѣ при различныхъ условіяхъ.

Само собой разумѣется, что всѣ описанные выше опыты имѣли своей задачей нарисовать лишь общую схему изучаемыхъ явленій, отнюдь, конечно, не имѣя въ виду представить въ этомъ отношеніи какой-либо исчерпывающій матеріалъ. Мертвый растительный покровъ, накопляющійся на поверхности почвы, представляетъ собою въ различныхъ климатическихъ районахъ, подъ различными растительными формаціями и пр. слишкомъ разнообразный и разнотипичный комплексъ, чтобы можно было бы, на основаніи изученія сравнительно немногочисленнаго количества отдѣльныхъ и до

нѣкоторой степени случайныхъ типовъ, нарисовать себѣ полную и детальную картину участія и роли этого сложнаго объекта въ общемъ водномъ балансѣ почвы.

Едва-ли меньшій интересъ представляетъ собой изученіе и тепловыхъ свойствъ мертвыхъ растительныхъ покрововъ. Учетъ такого важнаго фактора почвообразованія, какъ t°, и вообще выясненіе всѣхъ тепловыхъ явленій, происходящихъ въ почвѣ, возможно, въ цѣляхъ бо́льшаго пониманія этихъ явленій, опять-таки лишь путемъ учета отдѣльныхъ производныхъ, отъ которыхъ зависитъ этотъ общій тепловой балансъ почвы, и путемъ изученія тепловыхъ свойствъ ихъ самихъ.

Въ этомъ направленіи въ настоящее время и производятся мною опыты. Долженъ однако оговориться, что работы эти стоятъ на пути еще лишь выработки методики изученія теплоемкости и теплопроводности различныхъ растительныхъ объектовъ, такъ какъ въ литературѣ мы не имѣемъ на этотъ счетъ никакихъ указаній. Попытки примѣнить къ изученію указанныхъ тепловыхъ свойствъ растительныхъ покрововъ хотя бы тѣ самые методы, которые примѣняются при изслѣдованіи почвъ [1]), до сихъ поръ не увѣнчались успѣхомъ, и отъ какихъ-либо выводовъ въ этомъ направленіи приходится поэтому пока отказаться.

---

[1]) Методы, какъ извѣстно, также весьма неточные: для опредѣленія теплопроводности существуетъ способъ Мамонтова, для теплоемкости—способъ, описанный въ „Краткомъ Руков. къ физ. и химич. анализу почвъ“—проф. Земятченскаго и Адамова стр. 31—34 (тамъ же описанъ подробно и упомянутый способъ Мамонтова, стр. 30).

ГЛАВА II.

Растительные остатки, какъ источникъ перегнойныхъ соединеній въ почвѣ.

Процессы образованія и накопленія въ почвѣ перегнойныхъ веществъ. Работы Рупрехта, Костычева, Заломанова, Докучаева и др. Изученіе растворимыхъ въ водѣ продуктовъ разложенія растительныхъ остатковъ, какъ главнаго и непосредственнаго источника гумусообразованія. Работы въ этой области Леваковскаго, Hoppe-Seyler'а, Слѣзкина и Кравкова. Процессы отщепленія изъ свѣжихъ и разлагающихся растительныхъ объектовъ водно-растворимыхъ органическихъ соединеній. Вліяніе на эти процессы различныхъ комбинацій t° и увлажненія (опыты съ березовыми листьями, со степнымъ сѣномъ и хвоей ели). Ближайшее изслѣдованіе химическаго состава и свойствъ водныхъ вытяжекъ изъ разлагающихся, при различныхъ внѣшнихъ условіяхъ, растительныхъ матеріаловъ (опыты съ клеверным сѣномъ). Кислотность этихъ вытяжекъ. Содержаніе въ послѣднихъ гуминовой, креновой и апокреновой кислотъ. Анализъ азотистыхъ соединеній. Опыты съ поглощеніемъ и закрѣпленіемъ растворимыхъ органическихъ соединеній, извлекаемыхъ изъ растительныхъ остатковъ, различными типами почвъ. Попытки искусственно вызвать „реградаціонныя“ явленія въ различныхъ генетическихъ типахъ почвъ.

Что почвенный гумусъ происходитъ отъ согниванія различныхъ отмершихъ органическихъ остатковъ (преимущественно растительнаго происхожденія) — извѣстно, конечно, издавна; быть можетъ еще съ тѣхъ самыхъ поръ, когда человѣкъ впервые сталъ заниматься земледѣліемъ, и когда ему впервые пришлось невольно столкнуться съ разнородными свойствами воздѣлываемыхъ почвъ. Самое слово „перегной“ уже указываетъ

на то, что человѣческій умъ уже издавна привыкъ объяснять происхожденіе темноцвѣтныхъ образованій почвы именно перегниваніемъ органическихъ остатковъ. Проф. Борисякъ [1]) въ своемъ изслѣдованіи, касающемся происхожденія чернозема, между прочимъ говоритъ, что въ Малороссіи уже издавна существуетъ „общенародное мнѣніе о происхожденіи чернозема отъ согниванія растеній, при содѣйствіи атмосферныхъ вліяній и отъ замѣшиванія образовавшагося перегноя съ рыхлыми суглинками подпочвы“...

Упомянутое выше положеніе о происхожденіи гумуса, какъ извѣстно, остается безспорнымъ и неподлежащимъ никакому сомнѣнію и до сихъ поръ.

Однако, если бы мы пожелали изучить постепенный процессъ превращенія растительныхъ (и животныхъ) остатковъ въ темноцвѣтныя гумусовыя образованія поближе, и съ этой цѣлью ознакомились бы со всѣми тѣми работами, которыя имѣютъ болѣе или менѣе близкое отношеніе къ затронутому нами сейчасъ вопросу, то вынуждены будемъ признать, что въ большинствѣ случаевъ, вопросъ этотъ и по настоящее время стоитъ на стадіи лишь общихъ положеній и общихъ соображеній. Работы же, касающіяся непосредственно происхожденія въ почвѣ гумуса, представляются, въ большинствѣ случаевъ отрывочными и часто другъ другу противорѣчащими. Въ результатѣ—процессъ превращенія растительныхъ отмершихъ остатковъ въ гумусовыя соединенія остается до сихъ поръ совершенно невыясненнымъ; невыясненной, въ силу этого, является и его ближайшая натура—химическій составъ.

Мнѣ кажется, что главная, если не единственная причина почти полной неизученности столь важной составной части почвы, какой является гумусъ, лежитъ исключительно въ неправильномъ методѣ, примѣняемомъ, въ большинствѣ слу-

---

[1]) Борисякъ. „О черноземѣ“, 1852, стр. 43.

чаевъ, къ изученію этого сложнаго объекта, а именно, что до сихъ поръ слишкомъ мало обращалось вниманія на генетическое изученіе его. Дѣйствительно, вмѣсто того, чтобы начать изученіе этого послѣдняго — логически съ растительнаго организма, давшаго, такъ сказать, жизнь гумусовымъ веществамъ, и шагъ за шагомъ слѣдя за процессами измѣненія и разложенія этого организма, постепенно выяснять, такимъ образомъ, физіономію образующихся при этомъ процессѣ продуктовъ, что, по моему мнѣнію, и представляетъ собой единственный надежный путь къ вырѣшенію многихъ вопросовъ, связанныхъ съ составомъ и свойствомъ гумуса,—большинство изслѣдователей работало съ уже сформировавшимся гумусовымъ веществомъ, такъ или иначе выдѣленнымъ изъ почвы. Между тѣмъ, вещество это, конечно, не представляетъ собой химически-индивидуальнаго тѣла, а является смѣсью, притомъ въ различныхъ мѣстахъ и районахъ весьма различнаго состава— въ зависимости отъ различнаго состава давшей начало этому комплексу растительности, отъ различнаго характера и интенсивности разложенія ея, отъ климатическихъ условій мѣстности, отъ физико-механическихъ и химическихъ свойствъ почвы и пр. Неудивительно, что данныя имѣющихся въ этомъ направленіи изслѣдованій, не укладываются до сихъ поръ въ какія-либо опредѣленныя, систематическія рамки и гумусъ все еще остается „Chemicorum crux et scandalum“ (Ollech) [1]).

Въ настоящей главѣ я изложу тѣ результаты, которые получены мною при лабораторной разработкѣ болѣе общаго

---

[1]) См. Слезкинъ „Современ. вопросы научнаго земледѣлія“. („Сел. Хоз. и Лѣсов.“ 1892, CLXXI, стр. 100).

Недавно появилась въ печати прекрасная работа Baumann'а и E. Gully (см. Mitt. d. K. Bayer. Moorkulturanstalt, 1909, H. III и IV), дающая полную сводку всѣхъ существующихъ работъ по изученію перегнойныхъ соединеній и освѣщающая многіе вопросы въ этой области съ точки зрѣнія современной коллоидальной химіи. Также см. новое изданіе (1911 г.) „Bodenkunde“ E. Ramann'a, s. 135 и слѣд.

вопроса въ интересующей насъ области, а именно, ближайшаго происхожденія перегнойныхъ соединеній почвы и способовъ закрѣпленія и накопленія ихъ въ послѣдней.

Разсмотрѣніе соотвѣтствующей литературы убѣждаетъ насъ, что даже такой основной, можно сказать—кардинальный вопросъ въ области изученія почвеннаго гумуса, остается и по настоящее время крайне мало разработаннымъ.

Вопросъ о тѣхъ сложныхъ превращеніяхъ, которыя претерпѣваются отмирающими растительными остатками на пути ихъ постепеннаго перехода въ темноцвѣтныя гумусовыя образованія почвы, обратилъ на себя, какъ извѣстно, особое вниманіе изслѣдователей при изученіи чернозема. Огромное количество гумуса, накопляющееся въ упомянутомъ типѣ почвъ, своеобразное распредѣленіе его и пр., не могло, конечно, не натолкнуть наблюдателей на цѣлый рядъ вопросовъ, тѣсно связанныхъ съ вопросомъ вообще происхожденія въ почвѣ перегноя. Изъ какихъ органическихъ остатковъ произошли эти темноцвѣтныя образованія, какимъ образомъ протекаетъ процессъ разложенія этихъ остатковъ, какіе получаются при этомъ продукты, какимъ образомъ они поступаютъ въ почву, закрѣпляются ли они тамъ, почему указанныя образованія накопляются въ однихъ районахъ больше, въ другихъ меньше и пр. и пр. все это вопросы, которые должны были естественно возникнуть при ближайшемъ изученіи столь интересной во всѣхъ этихъ отношеніяхъ почвы, каковой является черноземъ.

Палласъ [1]), изучая въ 1799 г. Ставропольскія степи такъ объясняетъ образованіе въ черноземныхъ почвахъ большого количества перегноя: ...„эта равнина (Ставроп. степи)

[1]) См. Докучаевъ „Русскій черноземъ“, 1883, стр. 285.

Въ 1900 г. проф. Вернадскій („О значеніи трудовъ М. В. Ломоносова въ минералогіи и геологіи“) показалъ, что первая попытка рѣшить вопросъ о происхожденіи чернозема принадлежитъ Ломоносову, который еще въ 1763 г. („Первыя основанія металлургіи“) писалъ, что черноземъ „произошелъ отъ согнітія животныхъ и растущихъ тѣлъ со временемъ“. Необхо-



или была когда то неизмѣримымъ тростниковымъ болотомъ, тянувшимся по древнему морскому берегу около тогдашнихъ устьевъ Кубани, или она представляетъ изъ себя низменность, по временамъ затоплявшуюся моремъ, на подобіе низменностей по берегамъ Каспійскаго моря; подъ поверхностью моря отлагался илъ, богатый солью, который затѣмъ, при отступленіи моря выступилъ на поверхность, гдѣ и образовался толстый слой черной земли вслѣдствіе гніенія массы тростника и вообще растеній"...

Приблизительно въ такихъ же самыхъ общихъ положеніяхъ процессы превращенія растительныхъ остатковъ въ гумусовыя соединенія рисуются и большинствомъ послѣдующихъ изслѣдователей.

Мурчисонъ [1]), объясняя происхожденіе чернозема морскимъ путемъ говоритъ:... „черноземъ пріобрѣлъ заключающіяся въ немъ азотистыя вещества и отчасти свойственный ему цвѣтъ, вслѣдствіе разложенія водяныхъ растеній и микроскопическихъ животныхъ"...

Пецгольдъ [2]), въ 1851 г., считалъ, что минеральныя вещества для образованія того морского ила, изъ котораго произошелъ черноземъ, доставлены песчаниками третичной и мѣловой формацій,... „жившіе же въ морскихъ водахъ организмы, преимущественно животныя, дали возможность образоваться гумусу"...

Приблизительно такими же общими чертами рисуютъ накопленіе въ почвахъ перегноя и другіе изслѣдователи чернозема: Эйхвальдъ, Борисякъ, Вангенгеймъ-фонъ-Кваленъ, Романовскій, Черняевъ и др. Гюльденштедтъ [3]) (1787 г.)

димо однако указать, что Ломоносовъ повидимому, говоритъ здѣсь не о черноземѣ собственно, какъ о почвенномъ типѣ, а именно о перегноѣ, называя послѣдній „черноземомъ".

[1]) Ibid., стр. 286.

[2]) Ibid.

[3]) Ibid., стр. 294.

объясняетъ накопленіе большого количества перегноя въ черноземахъ тѣмъ, что „растенія не поѣдаемыя животными и безпрепятственно размножающіяся, могли ежегодно сгнивать и, такимъ образомъ, могли скопить значительное количество перегноя“... Германъ (1836 г.) [1]: „отъ изверженій выдѣляющихся изъ корней и отъ опадающихъ листьевъ, вмѣстѣ съ высохшими остатками растеній, образуется въ ней (почвѣ), посредствомъ гніенія, особаго рода вещество, называемое гумусъ“... Гюо (1842 г.) [2]) говоритъ, что „гумусъ есть результатъ гніенія, при свободномъ доступѣ воздуха, тѣлъ животныхъ, умершихъ въ степяхъ, и растеній, нѣсколько поколѣній которыхъ смѣнялись на одномъ и томъ же мѣстѣ въ продолженіе значительнаго промежутка времени“...

Нѣсколько болѣе опредѣленныхъ взглядовъ на способъ образованія въ почвѣ гумуса держался академикъ Рупрехтъ. Въ своемъ трудѣ „Гео-ботаническія изслѣдованія о черноземѣ“ (1866 г.) онъ указываетъ, между прочимъ, уже на возможность механическаго просачиванія частицъ перегноя изъ верхнихъ горизонтовъ почвы, гдѣ онъ образуется благодаря согниванію растительныхъ остатковъ, въ болѣе глубокіе. Но ни ближайшей сущности этого процесса, ни химической характеристики просачивающихся соединеній онъ не касается.

Одновременно съ изученіемъ естественныхъ гумусовыхъ скопленій, наблюдаемыхъ въ природѣ, для каковыхъ цѣлей черноземъ представлялъ собой, конечно, наиболѣе благодарный и подходящій объектъ, въ стѣнахъ химическихъ и агрономическихъ лабораторій, въ это же самое время велась дѣятельная работа по ближайшему изученію химическаго состава гумусовыхъ веществъ почвы и ихъ химическихъ свойствъ, что конечно, не могло не съиграть рѣшающей роли и въ построеніи

---

[1]) Ibid., стр. 295.

[2]) Ibid., стр. 295.

общихъ выводовъ относительно способовъ и условій накопленія перегноя въ почвѣ. Мы не будемъ касаться той обширной литературы, которая имѣется въ настоящее время по вопросу о химической конституціи гумусовыхъ веществъ—это не имѣетъ непосредственнаго отношенія къ нашей задачѣ [1]). Мы перейдемъ прямо къ изложенію и разсмотрѣнію тѣхъ работъ, которыя касаются лишь интересующаго насъ сейчасъ общаго вопроса—условій и способовъ накопленія въ почвѣ гумуса, но которыя, въ основу своихъ разсужденій и выводовъ, положили именно упомянутыя лабораторныя изслѣдованія.

Изъ такихъ работъ прежде всего надо указать на изслѣдованіе проф. Костычева, появившееся въ 1876 г. [2]). Основываясь на извѣстныхъ работахъ Соссюра, Шпренгеля, Мульдера, Зенфта, Детмера, Эггертца, Грандо и др., выяснившихъ въ общихъ чертахъ реакціи гумусовыхъ веществъ, какъ природныхъ, такъ и получаемыхъ искусственно, проф. Костычевъ попытался примѣнить выводы этихъ работъ и къ рѣшенію болѣе общаго вопроса—способовъ происхожденія мощныхъ скопленій гумуса въ черноземныхъ почвахъ. Упомянутая работа проф. Костычева представляетъ для насъ особый интересъ еще и потому, что, какъ увидимъ ниже, цитируемый авторъ, спустя нѣсколько лѣтъ, совершенно отказался отъ своихъ прежнихъ взглядовъ и далъ новые, совершенно противоположные, выводы.

Итакъ, основываясь на работахъ вышеупомянутыхъ изслѣдователей и ознакомившись съ извѣстнымъ, цитированнымъ нами выше, трудомъ Рупрехта, проф. Костычевъ говоритъ:.. „прочитавши сочиненіе Рупрехта, нельзя не убѣдиться, что

---

[1]) См. эту литературу у Wollny „Die Zersetzung der Organisch. Stoffe“.. etc. 1897, s. 214—235. Также К. Глинка „Почвовѣдѣніе“, 1908 стр. 111. Также A. Baumann и E. Gully („Mitt. d. K. Bayer. Moorkulturanstalt,“ 1909. H. III и IV). H. Fischer („Fühl. Landw. Zeit.“, 1911, H. III) и др.

[2]) Костычевъ „Краткій очеркъ химическихъ свойствъ перегноя и ихъ сел.-хоз. значенія“ („Сел. Хоз. и Лѣсов.“, 1876, Январь, стр. 21).

черноземъ сдѣлался сушею гораздо раньше окружающей его площади. Слѣдовательно, онъ уже въ давнее время былъ покрытъ растительностью, остатки которой, согнивая на мѣстѣ, образовали перегной. Перегной этотъ, какъ показано выше, съ самаго начала своего образованія и до полнаго разрушенія и превращенія въ CO_2 и NH_3 включительно, непрерывно и могущественно содѣйствовалъ раствop̃енію частицъ тѣхъ минеральныхъ породъ, изъ которыхъ первоначально образовалась эта почва. Можно возразить противъ этого, что всѣ изслѣдованія, произведенныя до сихъ поръ, показываютъ намъ, что органическое вещество перегноя само по себѣ не такъ значительно способствуетъ вывѣтриванію, потому что находится въ трудно-растворимомъ состояніи, и что только тогда его дѣйствіе становится весьма сильнымъ, когда оно сдѣлается легко растворимымъ вслѣдствіе соединенія съ NH_3 [1]). Но не надо забывать, что каждое вновь умирающее растеніе есть источникъ образованія NH_3, и такъ какъ на мѣстѣ образованія теперешняго перегноя растенія согнивали при полномъ доступѣ воздуха, то азотъ, содержавшійся въ нихъ, терялся развѣ въ очень незначительномъ количествѣ въ свободномъ состояніи. Затѣмъ, каждый дождь, каждая роса приносятъ съ собою въ почву NH_3, и, слѣдовательно, на нѣкоторое время превращаютъ нерастворимыя перегнойныя соединенія въ растворимыя... Изслѣдованія показываютъ, что въ теченіе года на 1 дес. приносится дождемъ среднимъ числомъ около 20 фунт. NH_3..."

Чтобы доказать еще болѣе то положеніе, что въ почвѣ, при естественныхъ условіяхъ, постоянно образуются растворимыя, удобоподвижныя перегнойныя соединенія, которыя могутъ, так. образ., свободно циркулировать въ ней, Костычевъ указываетъ и на другіе источники образованія въ почвѣ амміака;

---

[1]) Курсивъ вездѣ мой.

это—процессъ гніенія самихъ растеній, далѣе доставленіе амміака росою, и, наконецъ, непосредственное поглощеніе изъ воздуха амміака самой почвой. Костычевъ дѣлаетъ съ этой цѣлью такой расчетъ: если предположить, что на десятинѣ выростаетъ ежегодно 100 пуд. сухого вещества, то при гніеніи изъ нея можетъ образоваться около 60 ф. NH_3. Что касается размѣровъ NH_3, поглощаемаго почвой, то, основываясь на работѣ Бретшнейдера, авторъ указываетъ, что на пространствѣ 1 десятины:

	NH_3
Смѣсь песка съ 1 % ульмина поглощаетъ въ теченіе года	17 ф.
„ „ „ 3 „ „ „ „ „	59 „
„ „ „ 5 „ „ „ „ „	112 „

„Признавши справедливость приведенныхъ выше соображеній“, говоритъ проф. Костычевъ, „мы гораздо легче объяснимъ себѣ происхожденіе толстыхъ черноземныхъ слоевъ. Рупрехтъ, какъ извѣстно, объясняетъ ихъ образованіе тѣмъ, что частицы перегноя увлекались въ глубокіе слои механически стекающею внизъ дождевою водой. Не отрицая возможности этого, мы думаемъ, что, вмѣстѣ съ этимъ, при проникновеніи въ глубокіе слои частицъ перегноя принималъ участіе NH_3 почвы, и что, слѣдовательно, перегной могъ просачиваться внизъ и въ видѣ раствора“...

Итакъ, образованіе въ почвѣ перегнойно-амміачныхъ соединеній, легко-растворимыхъ и легко-подвижныхъ и ихъ просачиваніе въ болѣе глубокіе горизонты ея — вотъ главнѣйшій источникъ темноцвѣтныхъ веществъ почвы, и способъ ихъ легкаго распредѣленія въ различныхъ горизонтахъ послѣдней.

Но какъ же объяснить себѣ дальнѣйшее прочное ихъ закрѣпленіе въ почвѣ? Основываясь на тѣхъ же работахъ вышеупомянутыхъ изслѣдователей и признавая, такимъ образомъ, что гуминовокислыя соли растворимы только тогда, когда въ нихъ преобладаетъ NH_3 и вообще щелочи, проф. Костычевъ

рисуетъ дальнѣйшую судьбу этихъ соединенiй въ слѣдующемъ видѣ: во-1-хъ, амміакъ, въ силу процессовъ нитрификаціи, легко и быстро превращается въ почвѣ въ азотную кислоту (чѣмъ и объясняется тотъ фактъ, что, несмотря на постоянный, какъ мы видѣли, притокъ его въ почву, анализъ обычно открываетъ лишь сотыя, а чаще даже тысячныя доли процента этого вещества). Указанный же процессъ нитрификаціи неизбѣжно влечетъ за собой превращеніе растворимыхъ гуминовыхъ солей въ нерастворимыя—въ силу потери NH_3; во-2-хъ, растворимыя перегнойныя соединенія, встрѣчая въ почвѣ соли извести, магнезіи и желѣза и вступая съ ними въ реакціи обмѣннаго разложенія, превращаются въ столь мало-растворимыя формы, которыя съ трудомъ подвергаются растворяющему дѣйствію даже насыщенной углекислотой воды.

Если, какъ мы видѣли, образованіемъ въ почвѣ растворимыхъ перегнойно-амміачныхъ соединенiй (какъ результатъ постояннаго притока въ нее NH_3) проф. Костычевъ объясняетъ фактъ просачиванія гумуса въ различные горизонты ея, то потерей этими соединеніями амміака, въ силу процессовъ нитрификаціи, и превращеніемъ ихъ въ нерастворимыя соли извести, магнезіи и желѣза, онъ старается доказать и факты прочнаго закрѣпленія перегнойныхъ соединенiй почвенными горизонтами.

Изложенная работа проф. Костычева представляетъ собой одну изъ первыхъ попытокъ къ стройному и цѣльному выясненію интересующаго насъ сейчасъ вопроса — способовъ и условiй накопленія въ почвахъ перегноя.

Въ 1879 г. Заломановымъ сдѣланъ былъ въ И. В.-Э. Обществѣ докладъ, по своему содержанію близко касающійся того же вопроса [1]).

---

[1]) Н. П. Заломановъ. „О вліяніи нѣкоторыхъ составныхъ частей почвы на образованіе чернозема" („Тр. Имп. Вольно-Эк. Общ.", 1879 г. Т. I, вып. III, стр. 273).

Исходя изъ того соображенія, что перегнойныя вещества образуютъ съ $CaCO_3$ нерастворимыя въ водѣ соединенія, и что эти послѣднія будто бы крайне непрочны, такъ какъ легко разлагаются въ почвѣ и превращаются въ CO_2 и H_2O—г. Заломановъ приходитъ къ убѣжденію, что известь сильно содѣйствуетъ окисленію и быстрому сгоранію органическихъ веществъ. Основываясь на этомъ положеніи, цитируемый авторъ считаетъ, что „черноземъ не можетъ образоваться въ почвѣ, содержащей значительное количество $CaCO_3$ [1]), такъ какъ въ такой почвѣ всѣ органическія вещества разлагаются очень скоро"... Въ доказательство этого положенія г. Заломановъ приводитъ между прочимъ фактъ, что въ образцахъ чернозёма (Тамбовской губ., Моршанскаго у.), изслѣдованныхъ имъ, въ верхнихъ горизонтахъ углекислой извести содержится отъ 0,15% до 0,2%, въ нижнихъ же (3—4 фута) около 7%, и что сообразно этому какъ разъ распредѣляется и окраска этихъ черноземовъ—въ верхнихъ слояхъ она темная, въ глубокихъ—значительно болѣе свѣтлая. Факты же (многочисленные) существованія черноземовъ, богатыхъ углекислой известью, авторъ объясняетъ тѣмъ, что почвы эти наноснаго характера. Приведя дальше наблюденіе проф. Лясковскаго, что чѣмъ выше лежитъ плоскогорье (Кавказа) надъ поверхностью моря, тѣмъ съ большимъ содержаніемъ органическихъ веществъ залегаетъ на немъ черноземъ, г. Заломановъ говоритъ: „Этотъ фактъ, какъ мнѣ кажется, можно объяснить тѣмъ, что изъ почвы вышележащаго плоскогорья углекислая известь, раньше извлеченная почвенною водою, дала возможность большему накопленію органическаго черноземнаго вещества". Ничтожнымъ содержаніемъ въ почвѣ $CaCO_3$, однако, нельзя, по автору, вполнѣ объяснить образованіе чернозема и всѣхъ характерныхъ свойствъ его. Принимая во вниманіе особо-прочное соединеніе, въ которомъ

---

[1]) Выводъ этотъ представляется, съ современной точки зрѣнія, конечно совершенно невѣрнымъ.

находятся органическія красящія вещества чернозема съ неорганическими, и основываясь на данныхъ проф. П. Лачинова, что глиноземъ способенъ давать съ красящими веществами лаки, г. Заломановъ, послѣ цѣлаго ряда соображеній, отчасти подкрѣпленныхъ опытами, приходитъ къ тому выводу, что „красящее" вещество чернозема и представляетъ собой прочное соединеніе перегнойныхъ веществъ именно съ глиноземомъ почвы. Въ конечномъ итогѣ цитируемый авторъ такъ резюмируетъ свои положенія: черноземъ можетъ образоваться на всякой почвѣ „когда изъ нея будетъ извлечена $CaCO_3$, а глиноземъ будетъ находиться въ формѣ соединенія, способнаго соединиться съ перегнойными веществами. По извлеченіи $CaCO_3$, можетъ начаться образованіе красящаго вещества чернозема, и, конечно, въ верхнихъ слояхъ почвы, гдѣ распространены корни растеній; изъ этихъ слоевъ красящее вещество будетъ просачиваться въ нижніе слои, благодаря способности образовать съ углекислымъ амміакомъ и др. солями двойныя соединенія, растворимыя въ водѣ" (стр. 281).

Изложенная работа г. Заломанова, равно какъ и упомянутое выше изслѣдованіе проф. Костычева, стремятся, такимъ образомъ, разрѣшить вопросъ объ условіяхъ и способахъ накопленія въ почвахъ гумуса — путемъ, собственно говоря, опять-таки побочныхъ соображеній, т.-е., путемъ попытки приложенія къ природнымъ условіямъ тѣхъ общихъ химическихъ реакцій и свойствъ, которыми обладаютъ перегнойныя соединенія, какъ химическіе индивидуумы, и которыя штудировались, какъ извѣстно, цѣлымъ рядомъ изслѣдователей (Соссюромъ, Мульдеромъ, Детмеромъ, Эггертцомъ, Грандо и мн. др.).

Проф. Докучаевъ, въ своемъ извѣстномъ трудѣ [1]) допускаетъ въ природѣ образованіе перегнойныхъ горизонтовъ

[1]) В. В. Докучаевъ, „Русскій черноземъ" 1883, стр. 307.

уже гораздо болѣе разнообразными способами проникновенія гумуса съ поверхности: 1) проникновеніемъ еще не сгнившихъ растительныхъ частей черезъ видимыя трещины и различнаго рода норы животныхъ; 2) просачиваніемъ очень мелкихъ, уже обуглившихся частей растеній черезъ поры почвы и, наконецъ, 3) просачиваніемъ растворовъ двойныхъ гуминовокислыхъ соединеній. Опыты г. Баракова [1]), опубликованные въ 1886 г., и стремятся доказать эти два послѣднія положенія непосредственнымъ путемъ.

Опыты эти распадаются на 2 категоріи: на наблюденія надъ просачиваніемъ a) химической вытяжки (перегнойно-амміачной, полученной по способу Грандо) черезъ опредѣленныя смѣси, и b) просачиваніемъ черезъ тѣ-же самыя смѣси механически взмученныхъ мелкихъ частицъ чернозема. Смѣси эти, по процентному содержанію, имѣли слѣд. составъ:

	%		%	
1-ая смѣсь заключала.	90	песка и	10	каолина.
2-ая „ „ . . .	80	„	20	„
3-ья „ „ . . .	70	„	30	„
4-ая „ „ . . .	85	предыдущей смѣси и	15	$CaCO_3$
5-ая „ „ . . .	60	песка и	40	каолина.

Указанныя смѣси, помѣщенныя въ стеклянные цилиндры, слоемъ, приблизительно, до 50 с. высотой—поливались сверху, почти ежедневно, опредѣленнымъ количествомъ „чернаго вещества“ Грандо, и глубина просачиванія отмѣчалась на глазъ — по окрашиванію; по окончаніи же опыта смѣси послойно анализировались на гумусъ. Во всѣхъ цилиндрахъ констатированъ былъ фактъ просачиванія перегнойно-амміачной вытяжки, причемъ (привожу конечные выводы автора): 1) „по мѣрѣ увеличенія процентнаго содержанія глины, стало-быть, по мѣрѣ увеличенія связности смѣсей, скорость просачиванія пере-

[1]) П. Бараковъ „Опыты надъ просачиваніемъ перегноя черезъ искусственныя смѣси различнаго минеральнаго состава“ („Мат. по из. рус. почвъ“, 1886, вып. II).

гнойно-амміачной вытяжки уменьшается, а убыль гумуса въ послѣдовательныхъ слояхъ становится быстрѣе".

2) „Чѣмъ глинистѣе (связнѣе) смѣси, тѣмъ рѣзче выступаютъ трещины, но вліяніе ихъ на просачиваніе и распредѣленіе гумуса въ почвѣ является **подчиненнымъ** составу смѣси"; и

3) „Прибавка извести, при прочихъ равныхъ условіяхъ, увеличиваетъ скорость просачиванія, но замедляетъ накопленіе гумуса въ нижнихъ слояхъ" (въ силу образованія въ болѣе верхнихъ слояхъ нерастворимыхъ перегнойно-известковыхъ соединеній).

Что касается опытовъ, произведенныхъ съ просачиваніемъ черезъ тѣ-же самыя смѣси механически-взмученныхъ мелкихъ частицъ чернозема, то и здѣсь, какъ и слѣдовало впрочемъ ожидать, таковое явленіе также имѣло мѣсто.

Въ конечномъ итогѣ, авторъ приходитъ къ тому заключенію, что перегнойные слои чернозема являются результатомъ, главнымъ образомъ, просачиванія какъ механическихъ мелкихъ частицъ перегноя, получающихся отъ разложенія растительности, такъ и въ видѣ амміачныхъ растворовъ этого перегноя (образующихся въ поверхностныхъ горизонтахъ почвы, какъ слѣдствіе воздѣйствія приносимаго дождями, росой а также и непосредственно поглощаемаго изъ воздуха самой почвой — амміака — на перегнойныя вещества).

Разсматривая задачи, положенныя въ основу этихъ опытовъ, а также полученные авторомъ выводы, мы можемъ, такимъ образомъ, видѣть, что работа эта мало внесла новаго въ интересующій насъ вопросъ. На возможность образованія въ почвахъ, при естественныхъ условіяхъ, перегнойно-амміачныхъ, легко-растворимыхъ соединеній — указывалъ раньше, какъ-то мы видѣли, уже проф. Костычевъ (сущность-же реакціи амміака па перегнойныя вещества, конечно, выяснена была уже давно); что-же касается вообще **возможности** про-

сачиванія этихъ растворовъ въ почву, то это явленіе, конечно, болѣе чѣмъ обыкновенное и совершенно не нуждающееся въ опытной провѣркѣ. Нельзя не согласиться съ проф. Слезкинымъ [1]), что „всѣ эти наблюденія физическаго явленія вполнѣ понятны, и приложимы къ условіямъ просачиванія въ почву, какъ въ порошкообразное вещество, любой жидкости“... и далѣе: ...„для демонстраціи физическаго явленія не менѣе доказательно было-бы наблюденіе надъ просачиваніемъ чернаго кофейнаго настоя въ порошкообразную смѣсь“...

Съ 1884 года проф. Костычевымъ напечатанъ цѣлый рядъ работъ, въ которыхъ онъ совершенно отказывается отъ прежнихъ отстаиваемыхъ имъ взглядовъ, и въ которыхъ проводитъ свой новый взглядъ на условія и способы накопленія въ почвахъ гумуса [2]).

Прежде всего, вопреки своему прежнему мнѣнію (см. выше), проф. Костычевъ стремится доказать, что проникновенія перегнойныхъ веществъ въ почву путемъ просачиванія, въ сколько-нибудь значительныхъ размѣрахъ, — въ природныхъ условіяхъ быть не можетъ, и въ пользу этого мнѣнія приводитъ слѣдующія соображенія. Тѣ соединенія, которыя составляютъ почвенный перегной, состоятъ, согласно автору, изъ веществъ троякаго рода: — 1) изъ веществъ, растворимыхъ въ водѣ, 2) изъ веществъ, растворимыхъ въ щелочахъ и 3) изъ веществъ нерастворимыхъ. Что касается первыхъ, то, хотя они и могутъ легко просачиваться черезъ почву, но, во-первыхъ, — ихъ въ каждомъ перегнойномъ веществѣ очень мало, а во-вторыхъ, они, въ силу своей легкой растворимости, претерпѣваютъ въ почвѣ судьбу воды—идутъ туда, куда и вода,

---

[1]) Слёзкинъ—Этюды о гумусѣ, 1900, стр. 60.

[2]) Костычевъ—1) „Объ условіяхъ образованія черноз. почвъ“ („Тр. И. В. Э. Общ.“, 1884 г. Т. III, вып. II, стр. 129); 2) „Почвы черноз. Обл. Россіи“, 1886, стр. 152 и слѣд.; 3) „Образованіе и свойства чернозема“, (Тр. С.-Пет. Общ. Естествоиспытателей, 1889, XX, стр. 123); 4) „О нѣкоторыхъ свойствахъ и составѣ перегноя“ („С. Х. и Лѣс“., 1890, IX, стр. 115) и др.

ихъ растворившая, и такимъ образомъ, накопляться въ почвѣ не могутъ. Далѣе, вещества второго рода, т.-е., растворимыя въ щелочахъ (единственнымъ такимъ растворителемъ можетъ служить, по мнѣнію проф. Костычева, въ природныхъ условіяхъ— углекислый NH_3, образующійся при разложеніи органическихъ веществъ и попадающій въ почву, кромѣ того, съ дождями, росой и пр.)—также не могутъ служить источникомъ накопленія въ почвѣ гумуса, ибо указанными путями въ почву приносится такое ничтожное количество этого растворителя (на 1 дес.— около 30 ф. NH_3 въ теченіе цѣлаго года), что сколько-нибудь значительному растворенію органическихъ веществъ способствовать онъ не можетъ. „Если мы примемъ въ соображеніе, что это количество распредѣляется на очень много дней и притомъ на пространствѣ цѣлой десятины, то на каждый кв. футъ придется такая ничтожная величина, что она едва-ли можетъ быть принимаема во вниманіе“ [1]). Опровергая шагъ за шагомъ свои прежніе взгляды, проф. Костычевъ указываетъ далѣе, что и на тотъ NH_3, который образуется при гніеніи органическаго вещества, расчитывать также нельзя: онъ или поглотится верхними слоями почвы и, такимъ образомъ, тамъ задержится, или быстро превратится, въ силу процессовъ нитрификаціи, въ азотную кислоту. „Я самъ прежде держался иного мнѣнія, но теперь, при бо̀льшемъ изученіи и обсужденіи относящихся сюда фактовъ, считаю необходимымъ измѣнить свои взгляды“ [2]). Что касается, наконецъ, просачиванія въ болѣе глубокіе горизонты почвы взмученныхъ нерастворимыхъ перегнойныхъ частицъ, то существованіе въ природѣ и этого процесса проф. Костычевъ отрицаетъ, исходя изъ того соображенія, что муть эта легко коагулируется въ присутствіи слабаго раствора солей, и, такимъ образомъ закупориваетъ пути

---

[1]) „Объ условіяхъ образованія черноз. почвъ“, 1884, стр. 132—133.
[2]) Ibid., стр. 134.

проникновенія: „почвъ, не содержащихъ растворимыхъ солей, мы не знаемъ, а промываніе почвъ обыкновенныхъ до полнаго увлеченія растворимыхъ солей изъ слоя порядочной глубины положительно невозможно". Нѣсколько позже въ своей извѣстной работѣ „Почвы черноз. области Россіи" (1886) проф. Костычевъ развилъ всѣ эти положенія значительно шире и подкрѣпилъ ихъ цѣлымъ рядомъ новыхъ соображеній и вычисленій.

Такимъ образомъ, проф. Костычевъ логически приходитъ къ тому выводу, что перегнойныя вещества почвы образуются въ послѣдней на мѣстѣ своего, такъ сказать, происхожденія, и представляютъ собой результатъ непосредственнаго перегниванія растительныхъ остатковъ, а отнюдь не могутъ распространяться въ почвѣ въ видѣ какихъ либо органическихъ растворовъ. Оставалось только рѣшить, на счетъ какихъ именно частей растеній происходитъ обогащеніе почвы гумусомъ? По мнѣнію проф. Костычева—накопленіе и распредѣленіе въ почвахъ перегноя вполнѣ ясно объясняется во всѣхъ случаяхъ и во всѣхъ мѣстностяхъ тѣмъ, что только одни корни травянистыхъ растеній участвуютъ въ образованіи и накопленіи его. Главными обоснованіями этого взгляда являются слѣдующіе факты: распространеніе корней доходитъ обычно какъ разъ до той глубины, гдѣ оканчивается темная окраска почвы; на мѣстахъ съ лучшею растительностью накопляется и больше перегноя; распредѣленіе въ почвѣ перегноя находится въ полномъ соотвѣтствіи съ распредѣленіемъ корней; такъ, по изслѣдованіямъ Геллригеля, на которыя ссылается проф. Костычевъ, видно, что если принять, что верхній слой почвы имѣетъ 100 корней, то слѣдующій за нимъ будетъ имѣть ихъ 59, дальнѣйшій—25, еще дальнѣйшій 15 и т. д. Содержаніе-же перегноя въ черноземѣ, напр., изъ Воронежской губ. измѣняется, по изслѣдованію цитируемаго автора, въ такой прогрессіи: 100—54—44—27—7, т.-е. замѣчается аналогичная постепенность умень-

шенія [1]) и т. д. Итакъ, накопленіе перегнойныхъ веществъ обусловливается, въ силу всѣхъ этихъ соображеній, только согниваніемъ корней на мѣстѣ, а не просачиваніемъ органическихъ растворовъ сверху. Отрицая однако механическое и химическое просачиваніе этихъ соединеній, проф. Костычевъ, вмѣстѣ съ тѣмъ, допускаетъ возможность біологическаго, такъ сказать, распространенія ихъ въ почвѣ, а именно — путемъ разноса ихъ различными грибками, исключительной работой которыхъ и обусловливается, по мнѣнію автора, образованіе въ почвѣ темноцвѣтныхъ продуктовъ разложенія растительныхъ остатковъ.

Ко всѣмъ этимъ выводамъ, проф. Костычевъ неизбѣжно долженъ былъ притти, разъ онъ считалъ, что въ природныхъ условіяхъ не имѣется обычно на лицо достаточнаго количества растворителя (главнымъ образомъ NH_3), благодаря которому могли бы образоваться и циркулировать въ почвѣ удобоподвижныя формы перегнойныхъ соединеній; отсюда логическій выводъ объ образованіи темныхъ гумусовыхъ соединеній на мѣстѣ ихъ непосредственнаго происхожденія.

Совершенно новую эру во всемъ этомъ запутанномъ вопросѣ сыграла работа проф. Леваковскаго, напечатанная въ 1888 г. [2]). Доказавъ цѣлымъ рядомъ вѣскихъ соображеній, что корни растеній представляютъ собою только вспомогательный, а не исключительный источникъ, изъ котораго заимствуются органическія вещества чернозема; что процессы проникновенія въ почву нерастворимыхъ мельчайшихъ частицъ перегноя — играютъ слишкомъ ничтожную въ природѣ роль;

---

[1]) „Объ условяхъ образов. черноз. почвъ", 1884, стр. 141. Въ книгѣ „Почвы черноз. Обл. Россіи" (стр. 169—171) приведены и другія, болѣе подробныя, данныя.

[2]) И. Ф. Леваковскій „Нѣкоторыя дополненія къ изслѣдованію надъ черноземомъ". („Труды Общ. Испытателей Природы при И. Харьковскомъ Университетѣ", 1888 г. Т. XXII, стр. 103).

что, наконецъ, нерастворимыя формы почвеннаго гумуса являются лишь результатомъ воздѣйствія неорганическихъ веществъ почвы на какія-то притекающія сверху растворимыя его соединенія, проф. Леваковскій впервые указалъ, что такія именно удобоподвижныя растворимыя органическія вещества— получаются, въ природныхъ условіяхъ, постоянно—подъ вліяніемъ воздѣйствія на отмирающіе растительные остатки (находящіеся даже въ свѣжемъ, неразложенномъ еще состояніи)—простой воды. „Вотъ эти то соединенія и могутъ непосредственно просачиваться въ почву и тамъ уже подвергаться длинному ряду превращеній для перехода въ состояніе настоящаго перегноя". (стр. 120). Припомнимъ, что проф. Костычевъ въ одной изъ своихъ послѣднихъ работъ (см. стр. 80) также указалъ на возможность образованія и просачиванія черезъ почву растворимыхъ въ водѣ перегнойныхъ соединеній; но процессамъ этимъ онъ не придавалъ никакого значенія—съ одной стороны потому, что считалъ количество этихъ веществъ въ каждомъ перегнойномъ веществѣ ничтожнымъ, съ другой—потому, что не допускалъ возможности перехода ихъ въ почвѣ въ нерастворимое состояніе и, слѣдовательно, закрѣпленія ихъ тамъ.

Однако, излагаемая работа проф. Леваковскаго, а также позднѣйшія изслѣдованія проф. Слезкина и мои—рисуютъ этотъ вопросъ, какъ сейчасъ увидимъ, совершенно въ другомъ видѣ, и даютъ намъ, какъ мнѣ кажется, полное основаніе считать ближайшимъ и непосредственнымъ источникомъ образованія въ почвѣ перегноя, именно—тѣ продукты органическаго характера, которые являются результатомъ прямого воздѣйствія атмосферныхъ осадковъ на разлагающіеся остатки отмершей растительности. Съ этой точки зрѣнія, взгляды, высказанные впервые проф. Леваковскимъ, мы должны признать, дѣйствительно, совершенно новой эрой въ области изученія генезиса почвеннаго перегноя.

Вернемся однако къ упомянутому изслѣдованію проф. Леваковскаго.

Работа эта была произведена съ цѣлью доказать, такимъ образомъ, что для наличности процессовъ просачиванія гумусовыхъ веществъ въ почву нѣтъ необходимости искать въ послѣдней какого-либо спеціальнаго щелочнаго растворителя для перегноя, а что органическія вещества, выщелачиваемыя уже простой водой изъ растительныхъ остатковъ—могутъ свободно проникать на извѣстную глубину въ почву и тамъ позднѣе, подвергаясь длинному ряду различныхъ химическихъ превращеній, давать начало именно темноцвѣтнымъ веществамъ гумуса. Итакъ — гумификація, по мнѣнію проф. Леваковскаго, происходитъ лишь позднѣе — въ самой почвѣ, какъ результатъ взаимодѣйствія растворимыхъ, органическихъ не перегнойныхъ соединеній на составныя части этой почвы.

Что растительные остатки, даже въ свѣжемъ состояніи, содержатъ въ себѣ не мало такихъ легко-растворимыхъ въ водѣ соединеній — проф. Леваковскій ссылается на указаніе проф. Менделѣева, что, напр., сухое луговое сѣно содержитъ въ себѣ около 40% растворимыхъ безазотистыхъ веществъ.

Добавлю пока отъ себя, что аналогичныхъ указаній на растворяющее дѣйствіе воды въ литературѣ мы имѣемъ весьма большое количество. Ис. Пьеръ [1]) послѣдовательными водными вытяжками извлекъ до 16,57% веществъ изъ сѣна, причемъ это послѣднее значительно посвѣтлѣло, Работы I. Schröder'a [2]), O. Kellner'a [3]), Brunner'a [4]), Wolff'a [5]), Га-

---

[1]) Comptes Rendus, 1857, p. 693.
[2]) „Forstchemische und pflanzenphysiolog. Untersuchungen", 1878.
[3]) Ibid., s. 101.
[4]) Ibid., s. 102.
[5]) „Die rationelle Fütterung", 1874, s. 116—117.

берландта [1]), Эммерлинга [2]), Эйглинга [3]), Сестини [4]), Ramann'a [5]) и др. даютъ намъ въ этомъ отношеніи интереснѣйшій матеріалъ.

Необходимо, впрочемъ, оговориться, что всѣ только что упомянутыя работы касаются лишь вопроса, какія вещества и въ какихъ количествахъ выщелачиваются водой изъ различныхъ растительныхъ объектовъ, причемъ процессъ этотъ изучался авторами почти исключительно на одной лишь стадіи, безъ обращенія вниманія на вліяніе различныхъ степеней разложенности взятаго объекта на количество переходящихъ изъ него въ растворъ веществъ, на вліяніе различныхъ внѣшнихъ и внутреннихъ факторовъ (t°, влажности, химической конституціи разлагающагося матеріала и пр.) и т. д. Кромѣ того, всѣ эти изслѣдованія нисколько не касаются и другихъ, не менѣе интересныхъ и важныхъ вопросовъ, а имено: какова дальнѣйшая судьба этихъ выщелоченныхъ водой продуктовъ, каково ихъ значеніе для химическихъ процессовъ почвы и т. п. Эту именно, наиболѣе интересную, сторону вопроса и стремится выяснить излагаемая работа проф. Леваковскаго.

Чтобы получить понятіе о самомъ началѣ процесса гумификаціи растворимыхъ въ водѣ веществъ, получаемыхъ путемъ выщелачиванія изъ растительныхъ остатковъ — цитируемый авторъ приготовлялъ водныя вытяжки изъ свѣжей ржаной соломы, а также изъ трухлой древесины орѣшины (изъ стараго плетня). Въ растворѣ изъ соломы, имѣвшемъ желтоватый цвѣтъ и въ растворѣ изъ древесины орѣшины, имѣвшемъ цвѣтъ крѣпкаго чая—съ теченіемъ времени образуется на по-

---

[1]) „Общее С. Хоз. Растеніеводство", 1880, стр. 32—33.

[2]) „Сел. Хоз. и Лѣсов." 1891, стр. 89 и слѣд. (Обз. заграничной литературы).

[3]) Слѣзкинъ „Этюды о гумусѣ", 1900, стр. 68.

[4]) Ibid., стр. 54.

[5]) „Die Einwirkung von Wasser auf Buchen — und Eichenstreu", 1887. Также „Die Waldstreu..." etc., s. 34.

верхности какое-то нерастворимое соединеніе въ видѣ плёнки, которая, все болѣе увеличиваясь, опускается, наконецъ, на дно сосуда и ложится тамъ въ видѣ клочковатаго осадка, принимающаго послѣ фильтрованія и высыханія темнобурую гумусообразную массу. Далѣе—проф. Леваковскій констатировалъ, что прибавленіе къ упомянутымъ сейчасъ растворамъ солей глинозема и окиси желѣза (а также мѣди) даетъ нерастворимый осадокъ бѣлаго студенистаго вида, который, при всплываніи на верхъ и при соприкосновеніи съ воздухомъ, темнѣетъ, бурѣетъ, а, пролежавши нѣсколько мѣсяцевъ во влажномъ помѣщеніи, дѣлается совершенно темнобурымъ.

Эту именно способность нѣкоторой части органическихъ веществъ, извлекаемыхъ водою изъ растительныхъ остатковъ, давать нерастворимыя соединенія съ солями глинозема и окиси желѣза—авторъ считаетъ крайне важнымъ условіемъ въ способѣ образованія чернозема и въ распредѣленіи въ немъ по различнымъ горизонтамъ перегноя. Основываясь на томъ, что получающіяся глиноземно — и желѣзоорганическія соединенія имѣютъ первоначально бѣлый цвѣтъ, а потомъ, спустя нѣкоторое время, бурѣютъ и темнѣютъ, проф. Леваковскій и предполагалъ, что именно такія органическія вещества, извлекаемыя атмосферною водою даже и изъ свѣжихъ растительныхъ остатковъ, соединившись химически съ глиноземомъ и окисью желѣза, и представляютъ собой тотъ матеріалъ, изъ котораго образуются темноцвѣтныя соединенія гумуса въ почвѣ. Подтвержденіе этому взгляду—проф. Леваковскій видѣлъ, между прочимъ, въ томъ фактѣ, что богатство чернозема перегнойными веществами связано, повидимому, съ обильнымъ содержаніемъ въ немъ глинозема и окиси желѣза.

Вмѣстѣ съ тѣмъ, обративъ вниманіе на то, что и содержаніе извести является, согласно анализамъ проф. Докучаева и Шмидта, постоянною составною частью чернозема,

какъ самаго почвеннаго горизонта, такъ и материнской породы, подстилающей его — проф. Леваковскій заключилъ, что известь эта также играетъ не случайную роль въ образованіи перегноя. Основываясь на анализахъ Шмидта, что бо̀льшая часть извести, извлекаемой холодной соляной кислотой, находится въ черноземахъ, также какъ глиноземъ и окись желѣза, въ соединеніи съ перегнойными веществами, и что соединеніе это растворимо, хотя и трудно, въ углекислой водѣ, и, приведя свой опытъ съ кусочкомъ мѣла, черезъ который снизу вверхъ просачивался водный растворъ свѣжей соломы, пріобрѣтавшій на поверхности куска мѣла темнобурую, гумусообразную окраску—авторъ и приходитъ къ заключенію, что известь, вступая въ соединеніе не съ готовымъ уже перегноемъ, а со свѣжимъ воднымъ растворомъ органическаго вещества, — служитъ проводникомъ ихъ въ глубину — въ противоположность, такимъ образомъ, дѣйствію, производимому окисями аллюминія и желѣза.

„Все вышеприведенное показываетъ“, говоритъ проф. Леваковскій, „что органическія соединенія, растворимыя въ водѣ, не циркулируютъ съ нею безконечно вверхъ и внизъ, какъ говоритъ г. Костычевъ, а бо̀льшею частью, фиксируются, вступая въ соединеніе съ неорганическими веществами чернозема“.... (стр. 128).

Для насъ представляютъ, такимъ образомъ, особый интересъ слѣд. положенія проф. Леваковскаго: 1) что вода въ состояніи извлекать изъ отмершихъ, даже и не испытавшихъ еще на себѣ процессовъ разложенія, растительныхъ остатковъ, нѣкоторое количество органическихъ соединеній (минеральныхъ, растворимыхъ въ водѣ, веществъ авторъ не касается); 2) что эти выщелоченныя водою органическія вещества даютъ съ известью почвы растворимыя, удобоподвижныя соединенія и 3), что эти выщелоченныя вещества, встрѣчая въ почвѣ соли глинозема и окиси желѣза, превращаются въ нерастворимыя

соединенія, закрѣпляются въ почвѣ, и служатъ въ ней источникомъ гумусовыхъ темноцвѣтныхъ образованій.

Я не буду останавливаться на отвѣтной статьѣ проф. Костычева [1]), появившейся вскорѣ послѣ цитированной работы проф. Леваковскаго. Большая часть этой статьи (т. е. III-ьей главы) посвящена Костычевымъ отстаиванію его прежнихъ взглядовъ; что же касается основныхъ положеній Леваковскаго, то они остались, въ сущности говоря, совершенно не опровергнутыми; развѣ только количественная сторона указанныхъ Леваковскимъ процессовъ встрѣтила, казалось, серьезное возраженіе, такъ какъ Костычевъ допускалъ возможность растворенія изъ растительныхъ остатковъ большого количества органическихъ веществъ лишь въ болотѣ, а не въ почвѣ: — „дождевая вода дѣйствуетъ на неизмельченныя растенія и быстро скатывается съ нихъ, — не успѣвая оказать значительнаго дѣйствія“.... „дождевая вода дѣйствуетъ совсѣмъ не такъ, какъ вода, употребляемая при химическомъ анализѣ, для опредѣленія количества растворимыхъ веществъ“... (стр. 162). Нѣсколько ниже мы увидимъ, однако, что и это возраженіе является необоснованнымъ.

Нѣкоторымъ пробѣломъ въ изложенной работѣ проф. Леваковскаго является, конечно, то обстоятельство, что авторъ совершенно не подвергалъ анализу получаемыя водныя вытяжки изъ растительныхъ матеріаловъ и мы, такимъ образомъ, лишены возможности проникнуть въ ближайшую сущность наблюдаемыхъ процессовъ и реакцій. Пробѣлъ этотъ до нѣкоторой степени восполняется работами Hoppe-Seyler'а [2]), который почти одновременно работалъ въ этой области съ проф. Леваковскимъ. На этихъ изслѣдованіяхъ я, однако, не

---

[1]) „Образованіе и свойства перегноя“, глава III („Тр. С.-Петерб. Общ. Естествоиспытателей“, 1889, Т. XX).

[2]) „Zeitschr. für physiologische Chemie“, 1888, XIII. s. 66. — „Naturw. Rundschau“, 1889, № 7, s. 82.—„Forschungen“... etc. 1889, XII, s. 244.

останавливаюсь, такъ какъ они не имѣютъ прямого отношенія къ нашей задачѣ и касаются болѣе частнаго вопроса — изъ какихъ составныхъ частей растеній образуются вещества гумуса. Укажу только, что нахожденіе въ водныхъ продуктахъ выщелачиванія растительныхъ остатковъ — „флобафеновъ" и красныхъ дубильныхъ веществъ, которыя, оказывается, даютъ совершенно тѣ же реакціи, какъ и гуминовыя вещества, получаемыя изъ почвы — дало возможность Hoppe-Seyler'у въ свою очередь признать, что источниками почвеннаго перегноя являются, дѣйствительно, выщелачиваемыя дождевой водой изъ отмершихъ растительныхъ остатковъ органическія вещества. Такимъ образомъ, Hoppe-Seyler, на основаніи анализа состава водныхъ вытяжекъ пришелъ къ тому же самому выводу, который былъ сдѣланъ проф. Леваковскимъ.

Въ 1900 г. появилось изслѣдованіе проф. Слёзкина [1]), которое еще болѣе способствовало выясненію интересующаго насъ вопроса въ направленіи, данномъ ему впервые проф. Леваковскимъ.

Основываясь на выводахъ проф. Леваковскаго и Hoppe-Seyler'a, что продукты выщелачиванія атмосферной водой растительныхъ отмершихъ остатковъ и являются, повидимому, непосредственными гумусообразователями, проф. Слёзкинъ прежде всего задался цѣлью выяснить, существуетъ ли, и если да, то какое, соотношеніе между золой выщелачиваемыхъ продуктовъ и золой черной гумусовой вытяжки. Методъ, несомнѣнно, прямымъ путемъ ведущій къ разрѣшенію задачи. Съ указанной цѣлью авторомъ сдѣлано нѣсколько анализовъ, матеріаломъ для которыхъ послужили водныя вытяжки сѣна и соломы на разныхъ стадіяхъ разложенія. Сравнительное распредѣленіе вещества вытяжекъ между осадкомъ отъ прибавленія соляной кислоты и растворомъ — видно изъ слѣдующихъ цифръ:

---

[1]) Слезкинъ, „Этюды о гумусѣ", 1900, Кіевъ.

	Въ 1 литрѣ вытяжки сух. вещ.	Въ осадкѣ.		Въ растворѣ.	
	Въ грам.	Въ грам.	%	Въ грам.	%
150 гр. сѣна	3,9402	0,4830	12,3	3,4572	87,7
150 „ соломы	2,0276	0,2324	11,4	1,7952	88,6
50 „ долго разлаг. сѣна. . . .	3,4486	0,8134	23,6	2,6352	76,4
50 „ „ „ корней . .	5,0133	1,3906	27,7	3,6227	72,3
50 „ еще дольше разлаг. сѣна.	2,2976	1,2286	53,5	1,0690	46,5

Такимъ образомъ, вещество вытяжки остается преимущественно въ растворѣ. Сравнивая цифры для свѣжаго и разлагающагося матеріала, по приведеніи къ одному количеству матеріала, мы видимъ, что:

	Дали всего.	Въ осадкѣ.
50 гр. сѣна.	1,3134	0,1610
50 „ соломы.	0,6759	0,0775
50 „ долго разлаг. сѣна	3,4486	0,8134
50 „ „ „ корней . . .	5,0133	1,3906
50 „ еще дольше разлаг. сѣна .	2,2976	1,2286

На основаніи этихъ цифръ, авторъ дѣлаетъ заключеніе, что по мѣрѣ разложенія, густота вытяжки возрастаетъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ абсолютно и относительно возрастаетъ количество осаждаемое соляной кислотой, и что корневая вытяжка оказывается абсолютно богаче всѣхъ, равно и осадокъ ея. „Этотъ фактъ наводитъ на мысль о бо̀льшемъ богатствѣ корневыхъ тканей выщелачиваемыхъ веществомъ (флобафенами по Hoppe-Seyler'у), въ связи съ большой потребностью корней въ защитѣ отъ разложенія и при жизни ихъ".

Сжиганіемъ полученныхъ продуктовъ опредѣлялась ихъ зола. Зольныя части распредѣляются между осадкомъ и растворомъ тоже неравномѣрно:

	Все вещ. вытяжки.		Осадокъ.		Растворъ.		
	gr.	%	gr.	%	gr.	%	
Сѣно.	0,4490	19,6	0,0900	7,3	0,3580	33,5	(прод. разл.)
	0,4670	13,5	0,0715	8,8	0,3950	15,0	(тоже)
Корни	0,4405	8,8	0,0840	6,0	0,3560	9,8	(тоже)

	Все вещ. вытяжки.		Осадокъ.		Растворъ.		
Сѣно.	1,3944	35,4	0,0088	1,8	1,3856	40,0	(свѣжее)
Солома.	0,6570	32,4	слѣды		0,6570	36,6	(свѣжая)
Сѣно.	—	—	0,0370	3,7	—	—	
Сѣно.	—	—	0,0450	4,3	—	—	

т. е., вытяжки изъ свѣжаго матеріала даютъ, оказывается, „бóльшее относительное содержаніе золы для всей вытяжки и для растворимой части, а осадокъ отличается бѣдностью золой. Вытяжка разлагающагося сѣна даетъ осадки съ большимъ % золы. При далеко подвинувшемся разложеніи, когда вытяжка принимаетъ темно-бурую окраску, осадокъ становится еще богаче золой. Относительно вытяжки корней интересно отмѣтить общую бѣдность золой и болѣе ровное распредѣленіе послѣдней между осадкомъ и растворомъ“.

Обратимся теперь къ составу золы:

	SiO_2		Осадокъ отъ NH_3		P_2O_5		CaO		MgO		Хлор. щелочи.	
	Раств.	Осад.	Раств.	Осад.	Раств.	Осад.	Раств.	Осад.	Раств.	Осад.	Раств.	Осад.
Свѣжее сѣно. . .	3,5	—	12,7	—	17,5	—	8,5	—	7,3	—	50,3	—
Свѣжая солома .	0,6	—	28,3	—	2,1	—	1,2	—	2,1	—	60,0	—
Разлаг. сѣно. . .	16,9	40,7	10,9	28,0	13,0	27,0	13,8	—	5,6	6,4	33,8	0
Долго разл. сѣно.	14,4	19,0	19,4	8,4	16,5	30,6	—	—	—	—	—	—
Долго разл. корни.	22,8	88,5	28,3	10,8	15,5	Сл.	—	—	—	—	34,3	0

„Къ этимъ показаніямъ надо добавить, что въ составѣ осадка отъ NH_3 входили лишь алюминій и фосфорная кислота. Желѣза въ составѣ веществъ вытяжекъ совсѣмъ не было“ [1]).

Что касается щелочей, то онѣ присутствуютъ только въ золѣ растворимаго вещества, SiO_2 и P_2O_5 оказались больше въ осадкахъ, CaO—въ растворѣ.

[1]) Анализы Schröder'а („Forstchemische und pflanzenphysiol. Untersuchungen“, 1878), Ramann'а („Die Einwirkung von Wasser auf Buchen—und Eichenstreu“, 1887) и мои (о нихъ ниже) совершенно расходятся съ этимъ выводомъ уважаемаго автора.

Признавая вмѣстѣ съ Леваковскимъ и Hoppe-Seyler'омъ указанныя вещества за непосредственныхъ гумусообразователей — проф. Слёзкинъ сопоставляетъ вышеприведенныя цифры съ цифрами состава золы черныхъ вытяжекъ почвы и находитъ, что „качественная разница въ составѣ осадковъ заключается въ желѣзѣ чернаго вещества, которое упорно остается въ осадкѣ при послѣдовательныхъ отщепленіяхъ растворимаго вещества. Въ количественномъ отношеніи есть сходство золы осадковъ въ видѣ преобладанія SiO_2". На основаніи всѣхъ этихъ данныхъ авторъ и заключаетъ, что „зола гумуса (кромѣ желѣза) является, дѣйствительно, остаткомъ золы растенія и гумусообразователя" и далѣе: „разница состава, заключающаяся въ присутствіи желѣза въ гумусѣ, можетъ быть объяснена только присоединеніемъ его извнѣ, изъ почвы".

Такимъ образомъ, если Hoppe-Seyler считалъ продукты воднаго выщелачиванія растительныхъ остатковъ настоящими гумусообразователями на основаніи органическаго состава этихъ вытяжекъ, то проф. Слёзкинъ приходитъ къ тому же самому выводу на основаніи ихъ минеральнаго состава.

Какова же дальнѣйшая судьба этихъ выщелачиваемыхъ простой водой продуктовъ въ почвѣ? Какія измѣненія претерпѣваютъ они при соприкосновеніи съ составными частями послѣдней? Какъ идетъ процессъ ихъ постепенной гумификаціи?

Для выясненія этого вопроса, проф. Слёзкинымъ были организованы соотвѣтствующіе опыты.

Были взяты пластинки чистаго тонкаго стекла, размѣромъ 8 и 10 сант.; между пластинками проложены съ трехъ сторонъ квадратнаго сѣченія полоски гуттаперчи, и пластинки плотно сжаты гуттаперчевыми же кольцами. Такой сосудикъ съ прозоромъ въ $^3/_4$ сант. свободно укладывался на предметномъ столикѣ, что давало возможность наблюдать, при извѣстномъ увеличеніи, происходящее въ средѣ между пластинками. Результатовъ микроскопическихъ изслѣдованій автора надъ рас-

пространеніемъ плѣсневыхъ грибковъ и пр. я не излагаю. Укажу только на тѣ данныя, которыя получены были имъ въ опытахъ съ лессомъ и которыя до нѣкоторой степени выясняютъ химизмъ взаимодѣйствія съ этимъ веществомъ просачивающихся продуктовъ выщелачиванія. Замѣтивъ, что плѣсневая грибница развивается въ лессѣ слабо, но крайне своеобразно по сравненію съ другими породами (отдѣльными гнѣздами) и подозрѣвая здѣсь участіе $CaCO_3$—существенной составной части лесса,—авторъ произвелъ опыты въ одномъ случаѣ съ неизмѣненнымъ лёссомъ, въ другомъ—отмывая изъ него $CaCO_3$ кислотою [1]) и пришелъ къ убѣжденію, что органическія вытяжки, встрѣчая въ средѣ, въ которую просачиваются, углекислую известь, соединяются съ ней, осѣдаютъ на ея частицахъ, пропитывая и связывая вмѣстѣ съ тѣмъ и иловатую часть почвы. При этомъ органическое вещество переходитъ изъ растворимаго и отчасти коллоидальнаго состоянія въ свернутое, нерастворимое. „Въ этомъ соединеніи органическое вещество и сохраняется въ почвѣ, не подвергаясь болѣе быстрому разрушительному дѣйствію плѣсневыхъ грибковъ, а только медленному окисленію, и по мѣрѣ послѣдняго постепенно принимаетъ видъ и составъ нерастворимаго почвеннаго гумуса". Другими словами известь является, согласно проф. Слёзкину, необходимымъ факторомъ для закрѣпленія и сохраненія гумуса, и постепенное обѣднѣніе почвенныхъ горизонтовъ, въ силу тѣхъ или другихъ условій, известью можетъ повести къ исчезновенію изъ этихъ горизонтовъ гумуса и „къ естественной смерти черноземныхъ образованій".

Что же касается того вопроса, каково происхожденіе въ почвенномъ перегноѣ соединеній желѣза, котораго, по анализамъ автора, не оказывается въ выщелачиваемыхъ изъ растительныхъ остатковъ водой продуктахъ, то онъ склоненъ пред-

[1]) Не отмывались-ли при этомъ и другія составныя части лёсса, напр., часть Al и Fe?

полагать, что желѣзо это получается извнѣ, изъ почвы, и что это взаимодѣйствіе органическаго растворимаго вещества съ желѣзистыми веществами почвы, въ водѣ нерастворимыми, происходитъ крайне медленно и постепенно, когда органическое вещество уже осядетъ отъ вліянія извести, и пропитаетъ, осаждаясь, иловатую, содержащую желѣзныя соединенія, часть почвы. Въ виду этого, авторъ отказывается приписывать желѣзу въ почвѣ ту же роль, какая принадлежитъ извести.

Какъ видимъ, проф. Слёзкинъ, вполнѣ присоединяясь къ исходному положенію, высказанному Леваковскимъ и Hoppe-Seyler'омъ относительно водныхъ растворовъ изъ растительныхъ остатковъ, какъ ближайшихъ источниковъ въ почвѣ гумуса—совершенно однако расходится съ первымъ изъ упомянутыхъ изслѣдователей относительно роли извести и желѣза въ процессахъ накопленія этого вещества, и приходитъ при изученіи этой стороны вопроса какъ разъ къ противоположному выводу.

Какъ извѣстно, въ почвовѣдѣніи можно считать теперь установившимся взглядъ на известь, какъ именно на охранительное начало въ почвѣ гумуса (вспомнить тѣсную связь черноземныхъ почвъ съ материнскими породами, богатыми известью, образованіемъ подъ лѣсомъ рендзинъ и боровинъ—именно на известнякахъ и т. п.) [1]. Съ этой точки зрѣнія выводъ проф. Слёзкина относительно роли извести въ почвѣ находитъ себѣ самое широкое подтвержденіе въ фактахъ, наблюдаемыхъ нами въ природѣ.

Подтвердивъ, такимъ образомъ, путемъ анализа минеральнаго состава продуктовъ воднаго выщелачиванія растительныхъ остатковъ, изложенный выше основной выводъ Леваковскаго, проф. Слёзкину оставалось доказать, что указанные процессы

[1]) См. напр. Hilgard („Forsch. auf dem Gebiete der Agr.-Phys", 1892, S. 400); Ramann („Organogene Ablagerungen der Jetztzeit"); Докучаевъ, („Русскій Черноземъ") и мн. др.



являются вполнѣ обычными въ природныхъ условіяхъ, и что „не надо ни уподобленія болоту, ни тропическихъ ливней для успѣшнаго выщелачиванія“ (какъ тò, наоборотъ, утверждалъ проф. Костычевъ въ своемъ возраженіи Леваковскому— см. выше).

Съ этой цѣлью авторъ взялъ въ своихъ опытахъ сѣно въ 4 порціяхъ по 20 гр. въ каждой и приводилъ ихъ въ 4 стаканахъ въ соприкосновеніе съ различнымъ количествомъ воды (200 с.с., 300 с.с., 400 с.с. и 500 с.с.). По истеченіи двухъ сутокъ пробы были слиты, отжаты подъ прессомъ, профильтрованы черезъ полотно, и въ нихъ опредѣлено было общее количество золы. Результаты получены слѣдуюшіе:

	Gr. сух. вещ.	Золы.	% сух. вещ.	% золы.
I	1,600	0,3850	8	24
II	1,6200	0,3967	8,1	24,5
III	1,6940	0,3986	8,47	23,6
IV	1,7530	0,3536	8,77	20,1

На основаніи этихъ цифръ авторъ и заключаетъ, что „количество взятой воды играетъ очень малую роль, и при пятерномъ количествѣ потеря возросла лишь на очень малую величину сравнительно съ одиночнымъ“. ...„Чтó можетъ быть взято изъ свѣжаго вещества водою, то берется небольшимъ количествомъ воды при естественныхъ условіяхъ“. Наименьшее количество, необходимое для выщелачиванія изъ растительныхъ остатковъ почти всего растворимаго въ немъ вещества это— 10 с.с. H_2O на 1 gr. вещества [1]).

---

[1]) Деталь эта, конечно, слишкомъ схематична, и къ различнымъ растительнымъ объектамъ непримѣнима (см. мою работу „Матер. къ изученію процессовъ разложенія растительныхъ остатковъ въ почвѣ“, стр. 45 и слѣд.). Что же касается общаго положенія, что уже первыя порціи воды производятъ быстрое и, дѣйствительно, довольно полное выщелачиваніе органическихъ и зольныхъ соединеній изъ растительныхъ объектовъ, то это вполнѣ подтверждается опытами Ramann'a („Die Einwirkung von Wasser auf Buchen—und Eichensteu“, 1887; „Die Waldstreu“ ...etc., S. 34; „Bodenkunde“ 2-te Aufl., S. 358), а также моими (l. c., стр. 46 и 61). Аналогичныя ука-

Изложенными работами проф. Леваковскаго, Hoppe-Seyler'а и проф. Слёзкина—несомнѣнно, намѣчаются совершенно новые пути къ разрѣшенію вопроса объ условіяхъ образованія и накопленія въ почвахъ перегноя, и вообще—послѣ этихъ работъ интересъ къ растворимымъ продуктамъ, извлекаемымъ водой изъ различныхъ растительныхъ остатковъ, значительно возрастаетъ.

Въ 1904 г., по предложенію моего глубокоуважаемаго учителя проф. Ramann'а (Мюнхенъ), я приступилъ къ систематическому изученію этихъ водно-растворимыхъ продуктовъ. Въ качествѣ объектовъ служили мнѣ не только свѣжіе растительные матеріалы, но и находящіеся на различныхъ стадіяхъ разложенія.

Первоначально — задачей моихъ опытовъ было рѣшеніе болѣе частнаго вопроса, а именно — изученіе процессовъ послѣдовательной минерализаціи разлагающихся растительныхъ матеріаловъ, т.-е., выясненіе, слѣдовательно, характера и интенсивности процессовъ разложенія этихъ объектовъ, но не по количеству выдѣляемой ими CO_2, какъ это обычно дѣлается, а непосредственно по учету постепенно отщепляющихся изъ нихъ минеральныхъ, растворимыхъ въ водѣ, продуктовъ. Хотя, такимъ образомъ, продукты эти въ качествѣ именно гумусообразователей первоначально совершенно и не изучались, но, попутно, помощью побочныхъ соображеній, выяснялась до нѣкоторой степени и эта сторона вопроса. Позднѣе, по мѣрѣ хода работъ, перспективы настолько усложнились, и рамки этихъ работъ настолько расширились, что невольно пришлось перенести центръ тяжести ихъ совершенно въ другую сторону и затронуть цѣлый рядъ и другихъ, не менѣе важныхъ, сторонъ даннаго вопроса. Уже первыя мои работы въ этой области показали мнѣ, что въ лицѣ растворимыхъ въ водѣ продуктовъ

занія имѣемъ въ работѣ J. Schröder'а („Forstchem. und pflanzenphysiol. Untersuchungen", 1874) и др.

разложенія растительныхъ остатковъ мы должны видѣть дѣйствительно одинъ изъ важнѣйшихъ фактовъ почвообразованія. Въ 1908 г. по этому вопросу я писалъ [1]: „...Процессы растворенія атмосферными вòдами отщепляющихся соединеній при разложеніи органическихъ остатковъ и проникновенія ихъ въ почву, представляютъ собой самое обычное и естественное явленіе въ природѣ, всюду, гдѣ есть растительность и достаточное количество атмосферныхъ осадковъ. Вмываемые водой эти растворимые продукты распада органическихъ остатковъ (листьевъ, сучьевъ, корней, стеблей), ежегодно поступая въ почву и, принимая тамъ самое дѣятельное участіе во многихъ физическихъ и химико-біологическихъ процессахъ, должны быть отнесены къ однимъ изъ важнѣйшихъ естественныхъ факторовъ почвообразованія. Количественный и всесторонній учетъ этихъ процессовъ долженъ считаться крайне важной, хотя и очень сложной задачей. Различныя условія климата и погоды, различный характеръ и свойства почвы, составъ и строеніе разлагающихся растительныхъ матеріаловъ и пр.—все это налагаетъ свой особый отпечатокъ на упомянутые процессы“.

„Съ другой стороны, всѣ эти „минерализованные“ продукты разложенія должны быть признаны играющими существеннѣйшую роль и въ питаніи растеній. Дѣйствительно, какія-же соединенія почвы являются наиболѣе доступными корнямъ растеній, какъ не легко-растворимыя въ водѣ? Далѣе, вытягиваніе корнями растеній питательныхъ веществъ изъ болѣе глубокихъ горизонтовъ почвы, накопленіе ихъ въ подземныхъ частяхъ, послѣдующее отмираніе и согниваніе этихъ частей, вмываніе растворимыхъ продуктовъ этого согниванія въ почву, процессы поглощенія ихъ поверхностными горизонтами послѣдней и т. д., все это должно вызывать сложныя перераспредѣленія питательныхъ веществъ по различнымъ

[1]) Кравковъ. „Матеріалы къ изуч. процессовъ разлож. растит. остатковъ въ почвѣ“, 1908, стр. 12—14.

горизонтамъ почвы и играть, так. обр., весьма важную роль въ плодородіи послѣдней, особенно, если мы примемъ во вниманіе, что растительный организмъ кислотными выдѣленіями своихъ корней часто переводитъ въ свои ткани трудно-растворимыя въ водѣ соединенія почвы, которыя, послѣ отмиранія и согниванія этого организма, дѣлаются, такимъ образомъ, въ извѣстной своей части, легко-растворимыми.

Правда, въ естественныхъ условіяхъ, мы можемъ встрѣтиться и съ противоположнымъ процессомъ, т.-е., переходомъ легко-растворимыхъ продуктовъ разложенія въ трудно-растворимыя, неудобоусвояемыя растеніемъ, соединенія (какъ результатъ того или другого явленія взаимодѣйствія съ составными частями почвы). Все это лишній разъ подчеркиваетъ настоятельную необходимость экспериментальнаго освѣщенія всѣхъ этихъ, столь важныхъ для земледѣлія, процессовъ"...

Я привелъ эту цитату изъ своей работы для того, чтобы показать, какъ много, дѣйствительно, является и другихъ различныхъ побочныхъ вопросовъ, при ближайшемъ изученіи растворимыхъ въ водѣ продуктовъ, разложенія—уже и помимо основного, интересующаго насъ въ данный моментъ, вопроса—о водныхъ продуктахъ этого разложенія, какъ о ближайшихъ и непосредственныхъ источникахъ гумусообразованія въ почвѣ. Къ сожалѣнію надо сказать, что продукты эти являются до сихъ поръ крайне мало изученными. Какъ идетъ эта постепенная минерализація, въ какой послѣдовательности отщепляются тѣ или другія растворимыя соединенія—въ зависимости отъ различныхъ внѣшнихъ и внутреннихъ условій, какое участіе принимаютъ они въ жизни почвы, какія производятъ тамъ измѣненія, какой смыслъ имѣютъ эти процессы въ жизни растеній и т. п.—все это вопросы, которые до сихъ поръ являются, съ экспериментальной стороны, часто и не затронутыми [1]).

[1]) Литература этихъ сторонъ вопроса сведена въ моей вышеупомянутой работѣ.

Возвращаясь однако къ прерванному изложенію, ознакомимся теперь, въ видахъ бо́льшей цѣльности и связности дальнѣйшихъ, приводимыхъ въ этой главѣ, выводовъ и положеній, съ тѣми результатами, которые до сихъ поръ получены были мною въ области интересующаго насъ сейчасъ вопроса [1]). Какъ я упомянулъ уже выше, мои первые опыты въ указанной области не имѣли своей ближайшей цѣлью непосредственнаго выясненія затронутаго вопроса. Тѣмъ не менѣе, нѣкоторыя побочныя соображенія и выводы изъ этихъ опытовъ помогаютъ намъ до нѣкоторой степени оріентироваться и въ данномъ вопросѣ—вопросѣ объ условіяхъ образованія и накопленія въ почвѣ гумуса. Ознакомившись съ этими выводами, мы перейдемъ уже къ разсмотрѣнію и новыхъ, имѣющихся у меня по этому вопросу, данныхъ.

Прежде всего, укажу, что этими опытами было констатировано, что чистая вода, дѣйствительно, въ состояніи переводить въ растворъ весьма значительное количество какъ зольныхъ, такъ и органическихъ соединеній, даже и изъ такихъ растительныхъ остатковъ, которые еще не подвергались процессамъ разложенія.

Съ этой цѣлью взято было возможно бо́льшее количество разнообразныхъ растительныхъ объектовъ, и путемъ полученія изъ нихъ водныхъ вытяжекъ (время соприкосновенія съ водой—1 часъ) и послѣдующаго анализа послѣднихъ, узнавалось количество перешедшихъ изъ этихъ объектовъ въ растворъ веществъ. Результаты сведены въ слѣдующей таблицѣ [2]).

---

1) S. Krawkoff. „Über die Einwirkung der in Wasser löslichen Mineralbestandteile der Pflanzenreste auf den Boden" („Journ. für Landw.", 1905, S. 279).

— „О растворимыхъ въ водѣ продуктахъ разложенія органич. веществъ". („Мат. по изуч. русскихъ почвъ", вып. XVII, 1906 г.).

— „Матеріалы къ изученію процессовъ разложенія растит. остатковъ въ почвѣ", 1908.

2) Подробно — см. „Матер. къ изученію процессовъ разложенія" и пр. стр. 51 и слѣд.

	Из 1000 ч. сух. вещ. перешло въ растворъ. Сумма зольн. элементовъ (*m*): gr.	Органич. вещ. (*o*). gr.	Отношеніе *m*:*o*.	Среднее.
Листья дуба	4,47	16,31	1:3,64	
„ березы.	3,37	13,81	1:4,09	1:3,74
„ осины	5,84	20,02	1:3,43	
„ ольхи	3,42	13,00	1:3,80	
Хвоя сосны	1,50	2,33	1:1,55	
„ ели	1,10	1,89	1:1,70	1:1,59
„ пихты	1,23	1,87	1:1,52	
Солома ржаная	0,87	1,63	1:1,87	
„ овсяная	1,41	3,02	1:2,14	1:2,13
„ ячменная . . .	1,04	2,47	1:2,37	
Степное сѣно	2,90	14,95	1:5,15	
Луговое „	2,12	14,02	1:6,61	1:5,65
Клеверн. „	3,42	17,78	1:5,19	
Корни ржи.	25,76	31,63	1:1,22	
„ овса.	22,40	28,00	1:1,25	1:1,19
„ ячменя.	31,77	35,73	1:1,12	

Обращая пока вниманіе на общее количество лишь органическихъ соединеній, растворяемыхъ водой изъ свѣжихъ растительныхъ объектовъ, мы можемъ сказать, что:

Изъ хвои (въ среднемъ изъ 3 случаевъ) перешло въ растворъ изъ 1000 ч. сухого вещества	2,03 gr.
„ соломы.	2,37 „
„ сѣна.	15,58 „
„ листьевъ (въ среднемъ изъ 4 случаевъ).	15,78 „
„ корней („ „ „ 3 „).	31,78 „

Быть можетъ, эти абсолютныя количества переводимыхъ въ растворъ органическихъ соединеній и не такъ велики, но не забудемъ, что мы имѣемъ дѣло со свѣжими, еще неразлагавшимися, объектами. Даже если предположить несуществующій въ природѣ случай, что ежегодно отмирающіе растительные остатки, остаются постоянно свѣжими и не разлагаются, то и тогда мы должны предвидѣть, что въ теченіе ряда лѣтъ, почва можетъ получить изъ нихъ, при помощи растворяющей дѣятельности атмосферной воды, дѣйствительно гро-

мадное количество органическаго вещества. „Кто же теперь не знаетъ, что и на земной поверхности и внутри нашей планеты самые величайшіе результаты получаются самыми микроскопическими дѣятелями, лишь бы было достаточно времени?“ Къ этимъ словамъ проф. Докучаева [1]), сказаннымъ по другому поводу, нельзя всецѣло не присоединиться и въ данномъ случаѣ.

Дальнѣйшіе опыты съ разложеніемъ упомянутыхъ растительныхъ матеріаловъ показали [2]), что существуетъ довольно правильное соотношеніе между указаннымъ выше количествомъ вымываемыхъ водой зольныхъ и органическихъ веществъ изъ свѣжихъ, неподвергавшихся процессамъ разложенія, растительныхъ остатковъ—съ одной стороны, и энергіей, съ которой протекаетъ у этихъ объектовъ процессъ постепенной минерализаціи при ихъ разложеніи—съ другой. Дѣйствительно, если взятые для опыта растительные матеріалы по количеству заключающихся въ нихъ растворимыхъ соединеній располагаются, какъ мы видѣли, въ порядкѣ: корневая система, листья, сѣно, солома, и, наконецъ, хвоя,—то въ томъ же порядкѣ, оказывается, мы должны ихъ расположить и по энергіи ихъ разлагаемости. Перенося эти выводы въ природу и, основываясь на вышеприведенныхъ данныхъ Леваковскаго, Hoppe-Seyler'a и Слёзкина, что всѣ эти выщелачиваемыя водой вещества и и представляютъ собой главнѣйшіе источники гумусообразованія,—мы не можемъ не придти къ тому заключенію, что тотъ или другой характеръ гумуса, богатство его зольными элементами, то или другое количество его—должны находиться въ прямой и тѣсной зависимости не только отъ внѣшнихъ климатическихъ, почвенныхъ и т. п. условій, каковымъ обычно

---

[1]) См. „Тр. И. В.-Э. Общ“, 1884, III т. II вып. стр. 148, (возраженіе проф. Докучаева на докладъ проф. Костычева).

[2]) „Матеріалы“... и пр. стр. 61—89.

приписывается исключительная роль въ указанныхъ явленіяхъ, но и отъ характера отмирающихъ растительныхъ остатковъ.

Съ этой точки зрѣнія—быть можетъ, окажется, что, напр., корневую систему, какъ заключающую въ себѣ наибольшее количество растворимыхъ органическихъ соединеній [1]), мы вынуждены будемъ признать ближайшимъ и наиболѣе дѣятельнымъ источникомъ образованія въ почвѣ гумусовыхъ веществъ, или напр., что почвы изъ подъ хвойныхъ насажденій, несмотря, можетъ быть, даже на большое количество опадающей ежегодно хвои, будутъ, такъ сказать, страдать отъ недостатка притекающихъ растворовъ, и т. д. Цѣлый рядъ аналогичныхъ соображеній можно привести, на основаніи полученныхъ выше цифръ, и по отношенію къ почвамъ степнымъ, луговымъ и пр.

Далѣе—опыты, поставленные мною для разрѣшенія спеціально вопроса, каковъ тотъ minimum воды, который является необходимымъ для вымыванія изъ растительныхъ объектовъ всего, имѣющагося въ нихъ растворимаго—показали, что, хотя вода, дѣйствительно, при первомъ-же своемъ соприкосновеніи несетъ въ растворъ уже весьма значительное количество органическихъ (и зольныхъ) соединеній (вспомнимъ аналогичныя заключенія Schröder'a, Ramann'a и Слёзкина), но все-же для различныхъ растительныхъ матеріаловъ требуется совершенно различное количество воды въ цѣляхъ вымыванія всѣхъ, имѣющихся въ нихъ растворимыхъ соединеній, почему указанное выше заключеніе проф. Слёзкина, что на 1 gr. вещ. требуется 10 gr. H_2O—является примѣнимымъ далеко не ко всякому объекту. Основываясь на этихъ разнообразныхъ величинахъ (см. табл. на стр. 46 „Матеріаловъ")—прихо-

---

[1]) Принимая количество растворенныхъ органическихъ соединеній у хвои за единицу, получимъ слѣдующее соотношеніе между указанными объектами:

Хвоя		Солома		Сѣно		Листья		Корни.
1	:	1,16	:	7,62	:	7,77	:	15,65



дится предположить, что при установленіи законовъ распредѣленія и накопленія гумуса въ различныхъ физико-географическихъ районахъ и, главное, при изученіи его химическаго состава—указанный факторъ долженъ играть не маловажную роль. Быть можетъ, напримѣръ, въ нѣкоторыхъ районахъ атмосферной воды будетъ выпадать въ теченіе года недостаточно для вымыванія изъ отмирающихъ растительныхъ остатковъ всѣхъ имѣющихся въ нихъ органическихъ (и зольныхъ) соединеній и почва не будетъ тогда такъ обогащаться гумусообразователями, какъ въ другомъ районѣ, гдѣ этихъ растительныхъ остатковъ будетъ накопляться, быть можетъ, ежегодно и меньше, но зато достаточное количество выпадающей влаги вымоетъ изъ нихъ сравнительно большее количество веществъ, и почва, въ результатѣ, обогатится этими гумусообразователями въ большей степени и т. п. Съ этой точки зрѣнія значеніе выпадающихъ атмосферныхъ осадковъ, какъ извѣстно, далеко не выяснено. Главнѣйшее вниманіе все еще обращается на влагу, лишь какъ на факторъ, обусловливающій характеръ и энергію процессовъ разложенія органическихъ веществъ.

Закрѣпляются ли однако всѣ эти вымываемыя водой органическія вещества [1]) изъ растительныхъ объектовъ, почвой? Остаются-ли они тамъ въ какомъ-либо прочномъ соединеніи, или-же, какъ легко-растворимыя въ водѣ, претерпѣваютъ въ почвѣ судьбу этой послѣдней и, такимъ образомъ, свободно циркулируютъ тамъ вверхъ и внизъ (какъ то предполагалъ проф. Костычевъ, не придававшій поэтому никакого значенія этимъ растворимымъ веществамъ въ качествѣ гумусообразователей)? И если закрѣпляются, то благодаря какимъ составнымъ частямъ почвы?

На эти вопросы — мы можемъ также найти нѣкоторый

---

[1]) Зольнымъ элементамъ будетъ посвящена особая Глава (см. ниже).

отвѣтъ въ моихъ прежнихъ опытахъ, о которыхъ идетъ сейчасъ рѣчь.

Первые опыты поставлены были съ черноземомъ (Курск. губ., Льговск. у.). Особая обстановка этихъ опытовъ [1]) давала возможность держать данную почву въ продолженіе 47 дней въ непрерывномъ соприкосновеніи съ вымываемыми органическими веществами изъ осиновыхъ листьевъ. По истеченіи указаннаго срока, взятая навѣска почвы (2 kgr) была промыта 14 литрами воды—съ цѣлью вымыть изъ этой почвы всѣ тѣ вещества, которыя могли задержаться въ ней въ силу физическаго сцѣпленія, влагоемкости ея и т. п. Произведенный послѣ этой операціи анализъ на гумусъ (способомъ Густавсона)—показалъ, что почва, имѣвшая передъ опытомъ 6,97% перегноя, дала послѣ 47 дней—значительное увеличеніе этого вещества, и содержала его уже 8,08%. Несомнѣнно, что вещесто это оказалось во взятой почвѣ въ какомъ-либо нерастворимомъ, прочнозакрѣпленномъ состояніи (вспомнимъ, какимъ большимъ количествомъ воды промыта была предварительно эта почва).

Еще болѣе рельефные результаты получены были мною въ опытахъ съ сѣрой лѣсной почвой (Курск. губ.). Эти, аналогично предыдущимъ организованные опыты—показали, что взятая почва, содержавшая предварительно 2,83% перегноя, по истеченіи 47 дней—имѣла этого вещества уже 5,88%!

Въ указанномъ явленіи я усматривалъ „процессы какъ-бы обратнаго перехода этого типа почвы—въ типъ, такъ сказать „высшій-черноземный“. „Мнѣ кажется (писалъ я), что возможность процессовъ этой „реградаціи“ вполнѣ доказывается, такимъ образомъ, простымъ экспериментальнымъ путемъ“.

Констатировавши возможность прочнаго химическаго закрѣпленія почвой тѣхъ легко растворимыхъ органическихъ соеди-

---

[1]) Подробн. см. „Матеріалы“, стр. 111—117.

ненiй, которыя просачиваются въ нее сверху — изъ отмирающихъ растительныхъ остатковъ подъ влiянiемъ атмосферной влаги, и тѣмъ самымъ непосредственно указавши на роль этихъ органическихъ соединенiй въ почвообразованiи, какъ на непосредственныхъ и ближайшихъ гумусообразователей—оставалось рѣшить вопросъ, въ силу какихъ взаимныхъ реакцiй происходитъ указанное закрѣпленiе почвой растворимыхъ органическихъ веществъ, и какiя составныя части ея играютъ въ этомъ процессѣ первенствующую роль? Спецiальныхъ опытовъ для разрѣшенiя этой задачи поставлено не было, но нѣкоторыя побочныя соображенiя помогли нѣсколько разобраться и въ этомъ важномъ вопросѣ.

Дѣло въ томъ, что указанное выше повышенiе $^0/_0$ перегноя наблюдалось лишь тогда, когда изслѣдуемая почва находилась все время опыта въ соприкосновенiи съ выщелачиваемыми изъ растительныхъ остатковъ веществами; достигалось это тѣмъ, что опредѣленное количество почвы (2 kgr) обрабатывалось воднымъ растворомъ, полученнымъ изъ разлагавшихся въ теченiе 9 мѣсяцевъ осиновыхъ листьевъ. По окончанiи этой операцiи—почва высушивалась и снова обрабатывалась такимъ-же растворомъ, снова подсушивалась и т. д. Повторялось это въ теченiе 28 дней, послѣ чего данная почва оставалась въ покоѣ, во влажномъ состоянiи, въ продолженiи какъ мы видѣли выше, 47 дней, когда въ ней и опредѣлялось количество гумуса. Такая, нѣсколько кропотливая, обстановка диктовалась задачами самаго опыта: чтобы извлечь изъ 750 gr. осиновыхъ листьевъ все, что было въ нихъ растворимаго, требовалось, согласно нашимъ спецiальнымъ въ этомъ отношенiи наблюденiямъ, 14 литровъ воды. Чтобы удержать такую массу воды въ постоянномъ соприкосновенiи съ почвой, требовалось-бы взять послѣдней 33 kgr. (влагоемкость ея $= 42{,}8^0/_0$), почему являлось вполнѣ основательнымъ опасенiе, что при такомъ взаимномъ соотношенiи между вѣсомъ

взятой почвы и общимъ количествомъ протекающихъ изъ разлагающейся массы растворимыхъ соединеній могутъ получиться малоуловимые и нерельефные результаты; въ виду чего и создана была, изложенная выше, своеобразная обстановка даннаго опыта.

Опыты эти и показали, что только при наличности описываемыхъ условій, когда, слѣдовательно, растворимые продукты разложенія растительной массы продолжительное время находились въ соприкосновеніи съ составными частями почвы и другъ съ другомъ, можно было наблюдать образованіе и накопленіе въ данной почвѣ гумуса.

Если-же организовать опытъ такимъ образомъ (что и было мною сдѣлано), чтобы выщелачиваемые водой растворимые продукты изъ растительныхъ остатковъ, — все время просачивались черезъ нижележащую почву и, такимъ образомъ, все время выходили изъ сферы взаимодѣйствія другъ съ другомъ и съ составными частями почвы, то наблюдалась совершенно обратная картина, т.-е. уменьшеніе въ данной почвѣ и органическихъ и минеральныхъ соединеній; короче говоря, при такой постановкѣ опыта — можно было искусственно вызывать въ почвѣ типичныя деградаціонныя реакціи.

Указанная рѣзкая разница въ вызываемыхъ процессахъ, при различной обстановкѣ опыта, и послужила ключемъ къ нѣкоторой разгадкѣ интересующаго насъ сейчасъ частнаго вопроса — благодаря какимъ именно составнымъ частямъ почвы совершается закрѣпленіе ею притекающихъ сверху изъ разлагающихся растительныхъ остатковъ растворимыхъ въ водѣ органическихъ соединеній. Но прежде приведу вкратцѣ то основное положеніе, которое выведено было мною на основаніи наблюденій надъ послѣдовательностью отщепленія растворимыхъ минеральныхъ продуктовъ у различныхъ растительныхъ объектовъ при процессахъ ихъ разложенія. Наблюденія эти показали, что первыми веществами, идущими при этомъ

въ растворъ, являются известь и магнезія—въ первой-же стадіи этого процесса отщепляясь изъ растительнаго матеріала почти на цѣло. Фактъ этотъ подтверждался неуклонно при изученіи самыхъ разнообразныхъ объектовъ. Такъ, въ опытахъ съ листьями дуба, оказалось что въ теченіе перваго же мѣсяца ихъ разложенія, CaO перешло въ растворъ 97,32% отъ первоначальнаго количества и MgO — 86,97%; въ опытахъ со степнымъ сѣномъ: CaO—91,16%, MgO — 97,15% и т. п. Количества эти весьма значительно превосходили соотвѣтственныя цифры по отношенію къ другимъ соединеніямъ.

Основываясь на этихъ наблюденіяхъ—и можно было предположить, что въ вышеизложенныхъ опытахъ съ черноземной и лѣсной почвой—первыми-же порціями воды почти на цѣло удалялась изъ осиновыхъ листьевъ CaO (и MgO). Въ виду систематическаго, сквозного промыванія почвы, упомянутыя соединенія послѣдней не задерживались, чему способствовалъ въ значительной степени и фактъ кислой обстановки, создавшейся въ разлагающейся растительной массѣ сейчасъ-же вслѣдъ за потерей ею принадлежащихъ ей соединеній извести и магнезіи [1]). Ничѣмъ несвязываемыя органическія (и минеральныя) кислоты, проникая въ почву, содѣйствовали еще болѣе энергичному выносу изъ нея просочившихся изъ разлагающейся листвы растворовъ извести, ратворяя и захватывая съ собой, вмѣстѣ съ тѣмъ, известь (и магнезію), принадлежащую самой почвѣ [2]).

Основываясь на выводахъ проф. Докучаева, проф. Слёзкина, Hilgard'a, Ramanna и др., характеризующихъ известь, какъ именно охранительное начало въ почвѣ перегноя—я и

---

[1]) Наличность кислой среды была подтверждена спеціальными опытами (стр. 82—83).

[2]) Фактъ этотъ также подтвержденъ соотвѣтствующими анализами (стр. 104—105; 121—122).

писалъ, что „именно энергичнымъ выносомъ извести (и магнезіи) изъ почвы и изъ разлагающагося растительнаго матеріала должны мы объяснить фактъ свободнаго прохожденія въ стекающую жидкость тѣхъ органическихъ соединеній, которыя отщеплялись отъ даннаго объекта и вмывались въ почву“.

Что касается первой категоріи опытовъ съ тѣми-же самыми почвами, когда, наоборотъ, притекающія растворимыя органическія соединенія находились въ теченіе всего опыта въ соприкосновеніи другъ съ другомъ и съ составными частями почвы, то констатированный фактъ увеличенія и закрѣпленія этими почвами гумуса — надо было приписать именно закрѣпленію притекающихъ изъ разлагающейся растительной массы неперегнойныхъ соединеній какъ той известью, которая быстро и въ большихъ количествахъ выпадала изъ нея въ почву, какъ продуктъ ея разложенія, такъ и тѣми соединеніями упомянутаго элемента, которыя находились въ почвѣ и, по условіямъ даннаго опыта, изъ послѣдней не вымывались.

Мои предыдущіе, только что изложенные, опыты, съ опредѣленіемъ количества органическихъ веществъ, переходящихъ въ водный растворъ изъ растительныхъ остатковъ, а также съ выясненіемъ возможности поглощенія и прочнаго закрѣпленія этихъ растворовъ почвой, послужили исходнымъ пунктомъ для дальнѣйшихъ въ этомъ направленіи опытовъ и наблюденій, которыя въ результатѣ еще болѣе утвердили меня въ мысли, что ближайшимъ и непосредственнымъ источникомъ въ почвѣ гумусообразованія являются именно водные растворы, получающіеся изъ разлагающихся растительныхъ остатковъ. Къ описанію этихъ опытовъ и къ изложенію полученныхъ результатовъ, мы теперь и перейдемъ.

Принимая, такимъ образомъ, за исходный пунктъ всѣхъ своихъ опытовъ тѣ основныя идеи, которыя впервые высказаны

были проф. Леваковскимъ, представлялось прежде всего крайне интереснымъ взять для этихъ опытовъ возможно болѣе разнообразные растительные объекты и изучить количество въ нихъ растворимыхъ органическихъ веществъ—какъ въ свѣжемъ состояніи этихъ объектовъ, такъ и на **различныхъ стадіяхъ** ихъ разложенности. Весьма важнымъ являлось бы также прослѣдить за процессами постепеннаго отщепленія указанныхъ растворимыхъ соединеній и изъ такихъ растительныхъ матеріаловъ, которые разлагаются при различныхъ условіяхъ t^0, увлажненія, различной аэраціи и т. п., а также при различныхъ комбинаціяхъ этихъ условій. Не говоря уже о томъ, что это, быть можетъ, помогло бы намъ въ общихъ чертахъ, нарисовать схематическую картину поступленія въ почву растворимыхъ органическихъ соединеній въ различныхъ физико-географических районахъ,—необходимо еще добавить, что всѣ отщепляющіеся изъ растительныхъ остатковъ, какъ зольные, такъ и органическіе продукты при процессахъ ихъ разложенія—до сихъ поръ совершенно не подвергались учету. О характерѣ и интенсивности этихъ процессовъ обычно судили и судятъ по количеству выдѣляющейся изъ разлагающейся массы — CO_2, какъ, несомнѣнно, главнѣйшаго показателя этихъ процессовъ; необходимо однако оговориться, что помощью количественнаго учета этого продукта мы можемъ, **лишь догадываться**, какъ энергично идутъ эти процессы, но **конкретнаго и непосредственнаго** отвѣта на то, въ какомъ количествѣ и въ какой послѣдовательности поступаютъ въ почву указанныя удобоподвижныя соединенія,—играющія, какъ мы видѣли выше, столь важную роль во всѣхъ жизненныхъ функціяхъ почвы, этотъ косвенный методъ однако не даетъ. Цитированная выше моя работа („Матеріалы къ изученію процессовъ разложенія"... и пр.) и представляла собой въ этомъ отношеніи первую попытку. Я указываю на это обстоятельство для того, чтобы подчеркнуть лишній разъ почти совершенную неизученность

интересующаго насъ сейчасъ вопроса и тѣмъ самымъ оправдать неполноту сообщаемыхъ данныхъ [1]).

Для выяснения количества переходящихъ въ растворъ органическихъ соединеній изъ различныхъ растительныхъ матеріаловъ на различныхъ стадіяхъ ихъ разложенія, въ моихъ послѣдующихъ, излагаемыхъ сейчасъ опытахъ, взяты были слѣдующіе объекты: листья березы, хвоя ели и степное (ковыльное) сѣно.

Хвоя и листья собирались непосредственно съ деревьевъ въ серединѣ лѣта. Хотя естественнѣй было бы, быть можетъ, манипулировать съ уже опавшими объектами, но, основываясь на опытахъ Ramann'a [2]), что отмершіе и засохшіе листья, будучи еще на деревѣ, подвергаются уже энергичному вымыванію подъ вліяніемъ атмосферной воды, и данныхъ Wolff'a [3]), что ко времени листопада составъ листьевъ сильно измѣняется (часть составныхъ частей уходитъ въ стволъ), и желая, такимъ образомъ, имѣть дѣло съ объектами, въ которыхъ всѣ составныя части были бы на лицо, и распредѣлены были бы онѣ болѣе равномѣрно въ немъ, я и предпочелъ собирать упомянутые объекты въ свѣжемъ видѣ. Сѣно собрано было въ бездождный періодъ. Послѣдній объектъ, передъ началомъ опытовъ, былъ разрѣзанъ на куски, величиной около $^1/_2$ вершка. Листья измельчались (руками) лишь самымъ грубымъ образомъ; хвоя употреблялась въ неизмѣненномъ видѣ.

Предварительно, путемъ сжиганія, было опредѣлено въ

---

[1]) Въ настоящее время въ Агрономической Лабораторіи С.-Петербургскаго Университета предпринято, подъ моимъ руководствомъ, систематическое и по возможности разностороннее изученіе тѣхъ растворимыхъ (зольныхъ и органическихъ) соединеній, которыя отщепляются изъ различныхъ растительныхъ объектовъ, при различныхъ условіяхъ ихъ разложенія. По мѣрѣ накопленія матеріала, послѣдній будетъ публиковаться въ „Матеріалахъ по изученію русскихъ почвъ".

[2]) Ramann—„Die Einwirkung von Wasser auf Buchen-und Eichenstreu", 1887.

[3]) Wolff—„Aschen-Analysen von landw. Producten"... etc, 1871, s. 158.



указанныхъ объектахъ общее количество органическихъ веществъ и золы. Съ этой цѣлью въ платиновую чашку помѣщались анализируемые объекты, постепенно, всегда небольшими порціями и, при очень осторожномъ нагрѣваніи, сначала на совершенно слабомъ огнѣ, подвергались обугливанію. Для указанной операціи бралось обычно около 50 gr. воздушно-сухого матеріала [1]). Въ тѣхъ случаяхъ, когда не удавалось долгое время окончательно сжечь остающіяся мельчайшія частицы угля, съ большимъ успѣхомъ примѣнялось смачиваніе остатка 3% растворомъ перекиси водорода (иногда эту операцію приходилось повторять нѣсколько разъ), осторожное затѣмъ высушиваніе массы на песчаной банѣ, и дальнѣйшее ея прокаливаніе [2]). Послѣ прокаливанія сухой остатокъ смачивался углекислымъ аммоніемъ, выпаривался и высушивался въ шкафу при 150° до постояннаго вѣса [3]). Въ стекающихъ растворахъ количество органическихъ веществъ опредѣлялось также сжиганіемъ. Остановиться именно на этомъ методѣ опредѣленія общаго количества органическихъ веществъ, предпочтительно передъ другими, болѣе точными и совершенными методами,— въ данномъ случаѣ вынуждали насъ какъ самыя задачи, положенныя въ основу описываемыхъ опытовъ, такъ и цѣлый рядъ побочныхъ соображеній—удобство перечисленія, наглядность выраженія полученныхъ цифръ и т. п.

Для опредѣленія количества перешедшихъ въ растворъ веществъ изъ свѣжихъ объектовъ—150 gr. воздушно-сухого

---

[1]) Такое большое количество матеріала бралось въ виду того, что составъ полученной золы изучался ближе (см. III главу).

[2]) Wislicenus—„Zeitschr. für anal. Chemie", 1901, № 40.

[3]) Въ своихъ послѣдующихъ анализахъ я рѣдко теперь прибѣгаю къ упомянутой сейчасъ, довольно таки кропотливой, операціи смачиванія прокаленнаго остатка углекислымъ аммоніемъ, такъ какъ многократныя наблюденія показали, что вѣсъ прокаленнаго остатка до и послѣ указанной операціи отличается другъ отъ друга на ничтожную величину (на это указываютъ, между прочимъ, въ своихъ работахъ также Захаровъ и Степановъ).

матеріала обрабатывалось въ объемистомъ стеклянномъ сосудѣ 3 литрами дистиллированной воды и, по истеченіи 5 минутъ, вся масса быстро фильтровалась черезъ плотную марлю, а затѣмъ немедленно черезъ бумажный фильтръ (extra-hart № 602 Schleicher und Schull). При обработкѣ указаннымъ способомъ свѣжихъ матеріаловъ, такого фильтрованія было вполнѣ достаточно и стекающая жидкость получалась всегда безъ малѣйшихъ признаковъ мути. Что же касается до водныхъ вытяжекъ изъ разлагающихся объектовъ, то такого фильтрованія оказывалось недостаточно, и тогда приходилось прибѣгать къ глинянымъ свѣчамъ Шамберлана. Не невозможно, что этими глиняными фильтрами задерживается, въ силу адсорпціи, часть водорастворимыхъ кристаллоидальныхъ соединеній (часть коллоидальныхъ также, вѣроятно, можетъ задерживаться); быть можетъ, въ данномъ случаѣ имѣетъ мѣсто даже и нѣкоторое раствореніе вещества, изъ котораго сдѣланъ фильтръ, но операція съ упомянутыми свѣчами была въ данномъ случаѣ положительно неизбѣжна, такъ какъ никакими другими способами не удавалось получать прозрачныхъ фильтратовъ изъ сильно-разложившихся матеріаловъ, тѣмъ болѣе, что требовалось получать эти фильтраты возможно быстро, во избѣжаніе поселенія въ нихъ грибковъ и водорослей и переведенія, такимъ образомъ, части неорганическихъ соединеній жидкости въ сложныя органическія.

Что касается вышеупомянутаго соотношенія между количествомъ взятаго объекта и количествомъ воды (1 ч. матеріала на 20 ч. воды), то я руководствовался своими прежними въ этомъ отношеніи опытами, показавшими, что если мы возьмемъ воды въ 20 разъ больше, чѣмъ матеріала, то можемъ быть увѣрены, что извлечемъ все, что есть въ этомъ матеріалѣ растворимаго (для даннаго промежутка времени) [1].

---

[1]) См. „Матеріалы къ изуч. процессовъ разложенія"... etc, стр. 46.

Самые опыты съ разлагающимися объектами поставлены были слѣдующимъ образомъ:

I-ая категорія опытовъ — представляла собой растительные объекты, разлагающіеся въ условіяхъ optim'альной t^0 и optim'альной влажности (3 сосуда).

Широкіе стеклянные сосуды, вмѣстимостью около 4 литр., наполнялись вышеупомянутыми матеріалами, взятыми въ количествѣ 150 gr., и помѣщались въ термостатъ, гдѣ t^0 впродолженіе всего времени опытовъ поддерживалась около 38^0 C. Въ виду сильнаго испаренія изъ растительныхъ остатковъ воды при такой t^0, влажность этихъ остатковъ все время поддерживалась на одномъ уровнѣ, путемъ ежедневнаго доливанія въ сосуды воды до опредѣленнаго вѣса. Что называть optim'альной влажностью въ данномъ случаѣ—я, послѣ долгихъ предварительныхъ испытаній, таковой рѣшилъ считать влажность, равную $^1/_2$ влагоемкости даннаго объекта. При такихъ условіяхъ, матеріалъ имѣетъ видъ совершенно влажнаго субстрата, однако не до такой степени, чтобы воздушные промежутки въ немъ были заполнены водой, что могло бы, конечно, направить процессы разложенія его совершенно въ другую сторону. Между тѣмъ описываемые опыты имѣли своей задачей изучить эти процессы при аэробныхъ условіяхъ. Притомъ, по отношенію напр., къ почвѣ, именно эта влажность ($^1/_2$ влагоемкости среды) считается, какъ извѣстно, optim'альной—какъ для совершающихся въ данной почвѣ химико-біологическихъ процессовъ, такъ и въ жизни культивируемыхъ на ней растеній.

Влагоемкость березовыхъ листьевъ, взятыхъ для опытовъ = = 221,0% (среднее изъ 2-хъ опредѣленій), хвои ели = 98,0% и степного сѣна = 208,5%.

Матеріалы ежедневно разрыхлялись путемъ помѣшиванія стеклянной палочкой. Влажность ихъ поддерживалась все время опытовъ на одномъ и томъ же уровнѣ.

Схематически описанная категорія опытовъ рисуетъ намъ

картину отщепленія водно-растворимыхъ органическихъ соединеній изъ растительныхъ остатковъ, происходящую въ тропической зонѣ.

II-я категорія опытовъ имѣла своею цѣлью поставить разлагающіеся растительные объекты въ условія сравнительно низкой t^0 и нѣсколько избыточнаго увлажненія (также 3 сосуда). Съ этой цѣлью, описанные выше сосуды, наполненные такимъ же количествомъ матеріала, помѣщены были на время опытовъ въ холодный, неотапливаемый корридоръ, гдѣ t^0 держалась приблизительно около 5^0—7^0 С. Влажность же поддерживалась въ этихъ объектахъ равной полной влагоемкости ихъ, что обусловливало нѣсколько затрудненный притокъ въ нихъ воздуха и создавало до нѣкоторой степени анаэробную обстановку.

Описываемая категорія опытовъ представляла собой, такимъ образомъ, контрастную обстановку сравнительно съ I-ой категоріей, и приближала насъ нѣсколько къ тѣмъ условіямъ разложенія отмершихъ растительныхъ остатковъ, которыя можно наблюдать въ сѣверныхъ подзолистыхъ районахъ.

Наконецъ, **III-я категорія опытовъ** организована была такимъ образомъ, что разлагающіеся растительные объекты находились въ обстановкѣ довольно высокой t^0 и недостаточнаго увлажненія (3 сосуда).

Что касается t^0, то она поддерживалась въ разлагающейся массѣ (путемъ помѣщенія послѣдней въ термостатъ) около 25^0 С., что представляетъ собой приблизительно среднюю величину между упомянутыми выше контрастными. Влажность же ея = $^1/_{10}$ влагоемкости, что на внѣшній видъ представляло собой весьма слабую степень увлажненія.

Всѣми этими опытами создавалась, такимъ образомъ, довольно разнообразная обстановка, которая давала надежду получить болѣе или менѣе осязательные результаты.

Параллельно всѣмъ этимъ опытамъ, была одновременно

поставлена отдѣльно серія сосудовъ, для каждаго растительнаго объекта особая, въ тѣ же самыя три различныя комбинаціи условій, но съ тою разницей, что матеріалы эти, втеченіе всего времени опыта, ни разу не подвергались выщелачиванію водой. Количество же образовавшихся въ этихъ объектахъ водорастворимыхъ органическихъ веществъ, опредѣлялось только разъ, по окончаніи всѣхъ опытовъ. Такимъ образомъ, созданъ былъ еще особый рядъ опытовъ, заключающій въ себѣ тѣ же растительные объекты, находящіеся въ тѣхъ же разнообразныхъ условіяхъ для разложенія, но съ той разницей, что продукты этого разложенія, и зольнаго и органическаго характера, находились въ теченіе всего времени, во взаимномъ соприкосновеніи какъ другъ съ другомъ, такъ и съ разлагающимся матеріаломъ (9 сосудовъ).

Всѣ описываемые опыты продолжались 88—95 дней.

Въ опредѣленные сроки, всѣ разлагающіеся матеріалы (кромѣ сосудовъ послѣдней, только что упомянутой категоріи) обрабатывались, какъ я уже говорилъ, двадцати-кратнымъ количествомъ дистиллированной воды, въ теченіе 5 минутъ, и затѣмъ быстро фильтровались. Часть полученнаго фильтрата шла на анализъ перешедшихъ въ растворъ зольныхъ и органическихъ соединеній. Растительная же масса, послѣ высушиванія и доведенія до прежней влажности, снова помѣщалась въ прежніе сосуды, для дальнѣйшихъ за ними наблюденій.

Детальное разсмотрѣніе цифръ, характеризующихъ процессъ отщепленія зольныхъ элементовъ, составитъ собой предметъ, между прочимъ, изложенія слѣдующей III-ей главы. Здѣсь же мы займемся, сообразно поставленной задачѣ, лишь органическими веществами, и съ этой цѣлью, обратимся теперь къ цифровому матеріалу.

Составъ растительныхъ остатковъ [1]).

	Въ 1000 ч. сух. вещ. содержится (въ gr.).										Сумма зольн. элем.
	SiO_2	Al_2O_3+ $+Fe_2O_3$	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O	Na_2O	SO_3	Mn_3O_4	Cl	
стья березы.	6,14	0,36	28,89	8,14	2,44	6,18	0,51	4,01	0,97	—	57,64
епное сѣно .	16,49	0,24	16,75	7,12	5,09	12,56	0,10	1,88	0,06	2,43	62,72
оя ели . .	9,79	1,16	23,61	5,11	2,04	4,52	0,77	1,53	0,21	0,06	48,80

Дѣйствіе воды на свѣжіе, не подвергавшіеся разложенію, объекты:

Изъ 1000 ч. сух. вещ. перешло въ растворъ (въ gr.).

	Зольн. вещ. (m).	Органич. вещ. (o).	Отношеніе m : o.
	gr.	gr.	
Изъ листьевъ березы . .	4,8641	25,8305	1 : 5,31
„ степного сѣна . . .	3,4097	21,4446	1 : 6,29
„ хвои ели	2,3241	6,0814	1 : 2,61

Опыты съ разлагающимися листьями березы [2]).

	Перешло въ растворъ изъ 1000 ч. сух. вещ. (въ gr.) [2]).								
	I-я категорія.			II-я категорія.			III-я категорія.		
	Минер. вещ. (*m.*)	Орг. вещ. (*o*)	*m* : *o*	Минер. вещ. (*m.*)	Орг. вещ. (*o*)	*m* : *o*	Минер. вещ. (*m.*)	Орг. вещ. (*o*)	*m* : *o*
lерезъ 15 дней тъ начала опыа перешло въ астворъ . . .	17,4549	102,1210	—	18,1193	139,1341	—	18,9022	126,1814	—
lерезъ 30 дней ерешло еще .	3,2974	50,4103	—	3,3715	80,2212	—	2,2596	65,4371	—
lерезъ 45 дней ерешло еще .	2,0122	21,0063	—	1,9809	39,1573	—	2,6508	58,9989	—
lерезъ 65 дней ерешло еще .	1,6899	11,7441	—	2,8476	28,8996	—	1,3707	41,0060	—
lерезъ 88 дней ерешло еще .	0,9000	19,6755	—	2,2546	17,0012	—	2,4838	20,4418	—
Всего за 88 дней ерешло . . .	25,3544	204,9572	1:8,08	28,5739	304,4134	1:10,65	27,6671	312,0652	1:11,28
а то же время ерешло въ раствоРъ изъ матеріала непромываем. водой.	43,4101	62,4512	1:1,43	32,5575	269,4101	1: 8,27	31,4325	228,7513	1: 7,27

[1]) О ближайшемъ составѣ золы какъ взятыхъ для опытовъ матеріаловъ, такъ и водныхъ вытяжекъ изъ нихъ—будетъ рѣчь въ слѣдующей главѣ.

[2]) Въ общую сумму минеральныхъ веществъ не входитъ *Mn* и *Cl* (см. III главу), такъ какъ элементы эти обычно переходили въ растворъ въ ничтожныхъ, часто даже невѣсомыхъ, количествахъ.

Опыты со степнымъ сѣномъ.

	Перешло въ растворъ изъ 1000 ч. сух. вещ. въ gr.								
	I-я категорія.			II-я категорія.			III-я категорія.		
	Минер. вещ. (*m.*)	Орг. вещ. (*o.*)	*m* : *o*	Минер. вещ. (*m.*)	Орг. вещ. (*o.*)	*m* : *o*	Минер. вещ. (*m.*)	Орг. вещ. (*o*)	*m*:
Черезъ 19 дней отъ начала опыта перешло въ растворъ . . .	9,9596	89,0451	—	11,4718	161,1134	—	10,7820	144,1832	—
Черезъ 36 дней перешло еще .	2,6383	91,4732	—	2,5993	30,0381	—	2,1524	51,9993	—
Черезъ 51 день перешло еще .	1,8873	29,5312	—	2,1607	58,8896	—	2,4419	47,1340	—
Черезъ 66 дней перешло еще .	1,6582	15,0004	—	1,6582	21,3454	—	1,7609	25,1863	—
Черезъ 95 дней перешло еще .	1,5328	24,5533	—	2,2424	24,6772	—	2,1480	15,9135	—
Всего за 95 дней перешло въ растворъ	17,6762	249,6032	1:14,12	20,1324	296,0637	1:14,70	19,2852	284,4163	1:14,
За то же время перешло въ растворъ изъ матеріала непромываем. водой .	28,6819	101,3247	1:3,53	22,7116	257,4201	1:11,33	21,6410	244,4192	1:11,

Опыты съ хвоей ели.

	Перешло въ растворъ изъ 1000 ч. сух. вещ. въ gr.								
	I-я категорія.			II-я категорія.			III-я категорія.		
	Минер. вещ. (*m.*)	Орг. вещ. (*o.*)	*m* : *o*	Минер. вещ. (*m.*)	Орг. вещ. (*o.*)	*m* : *o*	Минер. вещ. (*m.*)	Орг. вещ. (*o.*)	*m*:
Черезъ 17 дней отъ начала опыта перешло въ растворъ. . .	3,8321	13,8325	—	3,2432	17,8933	—	2,7139	15,1398	—
Черезъ 33 дня перешло еще .	2,4806	8,3410	—	1,4991	13,7742	—	1,4315	11,0001	—
Черезъ 49 дней перешло еще .	0,5100	5,0017	—	0,6323	2,0036	—	1,0086	4,3841	—

	Перешло въ растворъ изъ 1000 ч. сух. вещ. въ gr.								
	I-я категорія.			II-я категорія.			III-я категорія.		
	Минер. вещ. (*m.*)	Орг. вещ. (*o.*)	*m* : *o*	Минер. вещ. (*m.*)	Орг. вещ. (*o.*)	*m* : *o*	Минер. вещ. (*m.*)	Орг. вещ. (*o.*)	*m* ; *o*
...резъ 63 дня ...решло еще .	0,8205	5,7211	—	1,4900	6,1243	—	1,1473	8,0205	—
...резъ 92 дня ...решло еще .	0,5311	8,3341	—	1,7134	7,1832	—	1,9200	5,1605	—
...его за 92 дня ...решло въ ра...воръ	8,1743	41,2304	1:5,04	8,5780	46,9786	1:5,47	8.2213	43,7050	1:5,32
...то же время ...решло въ ра...воръ изъ ма...ріала непро...ываем. водой .	10,7995	32,8150	1:3,03	8,6637	40,8307	1:4,71	8,2115	37,1530	1:4,52

Оставляя пока въ сторонѣ соединенія зольнаго характера, которыми мы подробно займемся въ слѣдующей главѣ, когда намъ станетъ извѣстнымъ ближайшій химическій составъ ихъ, и, обращая вниманіе сейчасъ лишь на органическія соединенія — мы, при разсмотрѣніи вышеприведенныхъ таблицъ, можемъ намѣтить пока слѣдующіе выводы:

во-1-хъ, данными опытами снова подтверждается тотъ фактъ, что чистая вода въ состояніи растворять извѣстное количество органическихъ веществъ даже и изъ такихъ растительныхъ объектовъ, которые не испытывали еще на себѣ процессовъ разложенія.

Констатировать этотъ фактъ приходится даже при примѣненіи лишь 5-ти минутной вытяжки; несомнѣнно, что при болѣе продолжительномъ соприкосновеніи съ водой — матеріалы эти отдали-бы еще большее количество заключающихся въ нихъ соединеній.

Перенося эти выводы въ природу, мы можемъ, такимъ образомъ, предвидѣть, что первый же дождь, смачивающій различные отмирающіе растительные остатки (стебли, листья,

корни и пр.), вмываетъ въ почву уже извѣстное количество органическихъ веществъ. Было бы крайне интересно дать вышеприведеннымъ цифрамъ какой-либо конкретный смыслъ, такъ, напр.,—вычисливъ въ извѣстномъ районѣ, подъ извѣстными растительными формаціями, количество отмирающей растительности и сумму выпадающихъ осадковъ, попытаться дать какой-либо реальный учетъ попадающимъ съ этими осадками въ почву органическимъ соединеніямъ. Но рѣшеніе этого, чрезвычайно интереснаго вопроса, въ сколько-нибудь точныхъ и опредѣленныхъ рамкахъ, пока совершенно невозможно: растительные остатки не остаются на поверхности почвы все время въ свѣжемъ видѣ,—они разлагаются,—часть органическаго вещества при этомъ улетучивается, часть превращается въ трудно-растворимыя формы; атмосферные осадки выпадаютъ не регулярно—по времени и по количеству и т. д.; словомъ, въ природѣ, при естественныхъ условіяхъ, имѣется цѣлый рядъ привходящихъ условій, не поддающихся точному учету. Тѣмъ не менѣе въ самыхъ приблизительныхъ и общихъ чертахъ мы все-таки представимъ тѣ количества водно-растворимыхъ органическихъ соединеній, которыя заключаются въ различныхъ растительныхъ остаткахъ.

Ежегодный отпадъ листвы въ лиственныхъ насажденіяхъ, средняго возраста, мы, согласно даннымъ Ebermayer'a [1]), можемъ считать равнымъ 4182 kgr. на гектаръ. Такимъ образомъ, растворимыхъ въ водѣ органическихъ веществъ, заключается въ этой массѣ приблизительно около 105 kgr. на пространствѣ 1 дес. [2]). Не забудемъ, что это число выражаетъ собой лишь то количество органическаго вещества, ко-

---

[1]) Ebermayer. Die gesammte Lehre der Waldstreu, 1876. s. 44—49.

Данныя, полученныя нами по отношенію къ Велико-Акад. лѣсу, едва ли удобно брать въ видѣ средняго примѣра, въ виду сравнительно ненормальнаго роста большинства насажденій.

[2]) Предполагая, условно, что мы имѣемъ дѣло съ чистымъ березовымъ насажденіемъ.

торое можетъ быть отдано даннымъ растительнымъ объектомъ уже первымъ порціямъ атмосферной воды, дѣйствующимъ притомъ на совершенно свѣжій матеріалъ даннаго года. Послѣдующіе же осадки, имѣя дѣло уже съ разлагающимся матеріаломъ, будутъ выносить изъ послѣдняго, конечно, значительно бóльшія количества этихъ соединеній [1]).

Ежегодный отпадъ хвои въ еловыхъ насажденіяхъ можно считать равнымъ—3964 kgr. на гектаръ [2]). Водно-растворимыхъ органическихъ соединеній масса эта содержитъ въ себѣ слѣдовательно, лишь около 25 kgr. на 1 дес.

Наконецъ, считая ежегодный приростъ степной (ковыльной) травы въ среднемъ = 3500 kgr., можемъ видѣть, что органическихъ веществъ, легко растворимыхъ въ водѣ, матеріалъ этотъ содержитъ на пространствѣ 1 дес. ок. 75 kgr.

Затронутый вопросъ, въ болѣе широкомъ и точномъ масштабѣ, было бы крайне интересно распространить на возможно болѣе разнообразные растительные объекты—особенно тѣ, съ которыми приходится наичаще имѣть дѣло практическому хозяину. Такіе, напр., вопросы, сколько растворимыхъ въ водѣ органическихъ соединеній заключается въ запахиваемой массѣ люпиновъ на зеленое удобреніе, или въ опредѣленномъ количествѣ запахиваемаго навоза и пр., имѣютъ весьма важное значеніе, какъ съ точки зрѣнія возможнаго обогащенія почвы при этомъ легко подвижными формами органическихъ веществъ, такъ и съ точки зрѣнія научной—выясненія тѣхъ реакцій, которыя вызываются въ почвѣ внѣдряющимися въ нее упомянутыми продуктами.

---

[1]) Приводимыя нами цифры характеризуютъ, так. обр., количество въ различныхъ растительныхъ остаткахъ лишь водорастворимыхъ органическихъ соединеній. Что-же касается общаго количества этихъ послѣднихъ, то, конечно, оно значительно выше. Такъ, E. Henry („Les sols forestiers“) указываетъ, что лѣсная почва получаетъ ежегодно около 3000—4000 kgr. органическаго вещества (на 1 гект.).

[2]) l. c.

Во-2-хъ, цифры приведенныхъ выше таблицъ даютъ намъ возможность сравнить энергію и характеръ отщепленія водно-растворимыхъ органическихъ соединеній изъ такихъ растительныхъ матеріаловъ, которые разлагаются при двухъ, совершенно различныхъ, условіяхъ, а именно: а) когда образующіеся минеральные и органическіе продукты этого разложенія остаются продолжительное время въ соприкосновеніи другъ съ другомъ и съ разлагающимся матеріаломъ, и b) когда упомянутые продукты систематически, въ опредѣленные сроки, удаляются путемъ повторнаго промыванія водой, изъ сферы взаимодѣйствія другъ съ другомъ и съ разлагающимся матеріаломъ.

Разница въ обоихъ случаяхъ получается такая рѣзкая, которая придаетъ наблюдаемымъ фактамъ особый интересъ, тѣмъ болѣе, что и въ природныхъ условіяхъ процессы разложенія органическихъ остатковъ протекаютъ, какъ извѣстно, также различно,—то въ условіяхъ систематическаго сквозного промыванія, то, наоборотъ (въ засушливые періоды, или въ засушливыхъ районахъ), въ условіяхъ взаимнаго контакта получающихся продуктовъ.

Въ цѣляхъ выясненія намѣченнаго вопроса, сравнимъ прежде всего суммарныя количества перешедшихъ въ растворъ зольныхъ и органическихъ соединеній, какъ изъ объектовъ, промываемыхъ водой (А), такъ и остававшихся безъ указанной обработки (В); при этомъ обратимъ главное вниманіе на опыты съ optim'альными условіями разложенія (I-ой категоріи), какъ дающіе намъ въ этомъ отношеніи наиболѣе осязательные результаты:

	Минеральныхъ веществъ.		Органическихъ веществъ.	
	A	B	A	B
	gr.	gr.	gr.	gr.
Изъ листьевъ березы за 88 дней перешло въ растворъ всего . . .	25.3544	43,4101	204,9572	62,4512
Изъ хвои ели за 92 дня	8,1743	10,7995	41,2309	32,8150
Изъ степного сѣна за 95 дней . . .	17,6762	28,6819	249,6032	101,3247

Т.-е., по отношенію ко всѣмъ, служившимъ для опытовъ, растительнымъ объектамъ, мы подмѣчаемъ одну и ту-же картину: изъ матеріаловъ, неподвергавшихся выщелачиванію, переходитъ въ конечномъ итогѣ, значительно большее количество зольныхъ соединеній и сравнительно меньшее органическихъ (у хвои ели указанное соотношеніе выражено наименѣе рельефно, что находитъ себѣ объясненіе въ фактѣ сравнительно весьма малой впечатлительности упомянутаго объекта къ внѣшнимъ факторамъ разложенія). Если мы выразимъ эти цифры въ видѣ отношеній, то получимъ:

Отношеніе m:o (т.-е. суммы минеральныхъ веществъ къ суммѣ органическихъ) выражается:

1) У листьевъ березы (при систематическомъ промываніи). .	1:8,08
„ „ (безъ промыванія).	1: 1,43
2) У степного сѣна (при систематическомъ промываніи). . .	1:14,12
„ „ (безъ промыванія)	1: 3,53
3) У хвои ели (при систематическомъ промываніи)	1: 5,04
„ „ (безъ промыванія)	1: 3,03

Выведенное соотношеніе между количествомъ переходящихъ въ растворъ изъ разлагающейся массы минеральныхъ соединеній съ одной стороны, и органическихъ—съ другой, находитъ себѣ, повидимому, удовлетворительное объясненіе въ томъ единственномъ предположеніи, что систематическое промываніе водой разлагающейся массы и выведеніе, такимъ путемъ, продуктовъ разложенія ея изъ сферы взаимодѣйствія другъ съ другомъ, влечетъ за собой угнетеніе процессовъ распада органическихъ веществъ. Въ результатѣ мы констатируемъ въ этомъ случаѣ меньшее количество водно-растворимыхъ зольныхъ соединеній (= результатъ угнетеннаго процесса минерализаціи) и значительно большее количество удобоподвижныхъ, промежуточныхъ формъ органическихъ соединеній, не находящихъ себѣ въ обстановкѣ описываемаго опыта благо-

пріятныхъ условій для полнаго разрушенія и окисленія до газообразныхъ продуктовъ [1]).

Совершенно противоположный процессъ наблюдаемъ мы въ томъ случаѣ, когда растворимые продукты разложенія остаются продолжительное время при разлагающемся матеріалѣ и, такимъ образомъ, не выходятъ изъ сферы взаимодѣйствія другъ съ другомъ: въ этомъ случаѣ мы констатируемъ, наоборотъ, весьма большое сравнительно количество переходящихъ въ растворъ минеральныхъ соединеній, что указываетъ на энергично идущіе въ обстановкѣ даннаго опыта, процессы минерализаціи, съ другой стороны—открываемъ въ стекающихъ жидкостяхъ сравнительно малое количество органическихъ, что указываетъ, въ свою очередь, на процессы, сравнительно полнаго распада и окисленія послѣднихъ, вѣроятно, до газообразныхъ продуктовъ. Эти два факта являются, такимъ образомъ, другъ для друга логическими слѣдствіями.

Какимъ же образомъ объяснить себѣ указанное явленіе, что повторное промываніе водой разлагающейся растительной массы дѣйствуетъ какъ бы угнетающимъ образомъ на процессы дальнѣйшаго ея разложенія?

Чтобы дать наблюденнымъ фактамъ болѣе или менѣе правдоподобное освѣщеніе—намъ необходимо вспомнить тѣ основные выводы, которые сдѣланы были мною еще раньше—при изученіи болѣе спеціальнаго вопроса, а именно, въ какомъ порядкѣ и какъ энергично отщепляются минеральныя вещества изъ разлагающагося матеріала [2]). Наблюденія эти показали мнѣ (въ послѣдующей главѣ мы встрѣтимся еще съ новыми, подтверждающими этотъ выводъ, фактами), что какъ изъ свѣжихъ, такъ, тѣмъ болѣе, изъ разлагающихся растительныхъ объектовъ,

---

[1]) Ближайшій характеръ этихъ промежуточныхъ формъ выяснится нѣсколько ниже.

[2]) „Матеріалы къ изученію процессовъ разложенія растительныхъ остатковъ“, 1908, стр. 79—85.

первыми веществами идущими въ водный растворъ являются соединенія извести и магнезіи, причемъ отщепленіе это совершается уже при первыхъ стадіяхъ процесса разложенія и въ весьма, какъ мы видѣли выше, большихъ количествахъ. Если поставить тотъ или другой растительный матеріалъ въ благопріятныя условія для разложенія, то промывъ его, спустя нѣкоторое (во всякомъ случаѣ — короткое) время водой, мы констатируемъ въ промывныхъ водахъ иногда свыше 90% извести (и приблизительно такое же количество магнезіи) отъ первоначальнаго количества ихъ въ испытуемомъ объектѣ. Фактъ этотъ повторялся у меня неоднократно въ опытахъ съ различными объектами и притомъ почти всегда съ однимъ и тѣмъ же результатомъ.

Все это дало мнѣ возможность [1]) такъ характеризовать послѣдовательный ходъ процессовъ разложенія растительныхъ остатковъ: „энергія и характеръ разложенія растительныхъ остатковъ представляются намъ совершенно различными — въ зависимости отъ того, остаются ли продукты этого разложенія при разлагающемся матеріалѣ и въ соприкосновеніи другъ съ другомъ, или же систематически удаляются изъ разлагающагося матеріала атмосферными водами, и, такимъ образомъ, выходятъ изъ сферы взаимодѣйствія другъ съ другомъ. Въ первомъ случаѣ, процессы разложенія растительныхъ остатковъ и отщепленіе отъ послѣднихъ, какъ результатъ этихъ процессовъ, растворимыхъ минеральныхъ продуктовъ, идутъ нормальнымъ и послѣдовательнымъ ходомъ. Опредѣленный характеръ разложенія въ данномъ случаѣ обусловливается присутствіемъ при разлагающемся матеріалѣ извести (и магнезіи), идущей въ растворъ обычно почти нацѣло въ первыя же стадіи этого процесса и создающей, путемъ нейтрализованія образующихся при разложеніи кислотъ, благопріятную среду для

[1]) Ibid., стр. 173 и 174 (вып. 7, 8 и 9).

дальнѣйшаго нормальнаго хода этого процесса. Въ тѣхъ же случаяхъ, когда растворимые въ водѣ продукты разложенія систематически удаляются изъ разлагающагося матеріала и изъ сферы взаимодѣйствія другъ съ другомъ, тогда, въ виду того, что этимъ путемъ въ первыя же стадіи этого разложенія удаляется почти нацѣло CaO (и MgO), — въ разлагающейся средѣ накопляются продукты кислотнаго характера, и дальнѣйшій ходъ нормальнаго разложенія начинаетъ итти угнетеннымъ темпомъ".

При разсмотрѣніи ближайшаго состава минеральныхъ продуктовъ, переходящихъ въ водный растворъ изъ взятыхъ для опыта растительныхъ объектовъ — при различныхъ условіяхъ разложенія ихъ—приведетъ насъ снова, какъ увидимъ ниже, совершенно къ аналогичнымъ выводамъ.

Надо полагать, что и въ разбираемомъ нами случаѣ, повторное промываніе водой разлагающейся массы лишило эту послѣднюю соединеній извести и магнезіи, результатомъ чего явилась замедленность дальнѣйшаго хода разложенія органическаго вещества, и образованіе въ этой массѣ большого количества какихъ-то промежуточныхъ удобоподвижныхъ органическихъ соединеній, которыя и приходится затѣмъ открывать въ стекающихъ растворахъ въ довольно значительныхъ, сравнительно съ непромываемымъ объектомъ, количествахъ. Такимъ образомъ, фактъ угнетеннаго хода процессовъ разложенія тѣхъ растительныхъ матеріаловъ, которые подвергаются систематическому промыванію водой, нашедшій себѣ удовлетворительное объясненіе въ своеобразномъ характерѣ отщепленія минерализованныхъ продуктовъ, снова подтверждается и въ нашемъ случаѣ — при учетѣ абсолютныхъ количествъ переходящихъ въ растворъ органическихъ соединеній—притомъ по отношенію къ другимъ, новымъ объектамъ.

Наиболѣе рельефные результаты въ этомъ отношеніи получились въ той категоріи опытовъ, которая велась въ обста-

новкѣ болѣе или менѣе optim'альныхъ условій разложенія растительныхъ массъ. Но та же самая тенденція подмѣчается также и въ двухъ другихъ категоріяхъ опытовъ,—правда, въ значительно болѣе слабой формѣ, что, конечно, обусловливается вообще сравнительной угнетенностью процессовъ распада, которая наблюдается въ условіяхъ низкой t° или избыточнаго увлажненія [1]). Кромѣ того, нельзя не отмѣтить того факта, что изъ всѣхъ объектовъ, служившихъ для вышеописанныхъ опытовъ, хвоя ели рѣзко выдѣляется вообще своей слабой разлагаемостью и сравнительной нечувствительностью къ внѣшнимъ факторамъ разложенія. Нѣсколько меньшее количество переходящихъ въ водный растворъ органическихъ соединеній въ условіяхъ отсутствія сквозного повторнаго промыванія водой разлагающейся массы наблюдается и по отношенію къ упомянутому матеріалу, но фактъ этотъ сказывается въ послѣднемъ весьма нерельефно — даже при наличности optim'альныхъ условій для разложенія. Обстоятельство это обусловливается, вѣроятно, тѣмъ, что присутствіе въ данномъ объектѣ смолистыхъ веществъ препятствовало смачиванію его водой и, такимъ образомъ, тормазило его разложеніе [2]). Съ

---

[1]) Почему въ условіяхъ низкой t°, а также избыточнаго увлажненія, тѣмъ не менѣе замѣчается нѣкоторое увеличеніе общей суммы переходящихъ въ растворъ минеральныхъ продуктовъ (при сквозномъ промываніи разлагающагося матеріала водой) — мы дадимъ объясненіе въ слѣдующей главѣ, когда ближе ознакомимся съ химическимъ составомъ стекающихъ растворовъ.

[2]) Фактъ вообще слабой разлагаемости хвойныхъ матеріаловъ весьма наглядно наблюдался въ моихъ прежнихъ опытахъ („Мат. къ изуч. процессовъ разложенія" и пр., стр. 54 и 73). Что въ данномъ случаѣ замѣшаны повидимому смолистыя вещества, видно изъ опытовъ, напр., Wollny („Die Zersetzung der Organischen Stoffe"... etc.), который, обрабатывая торфъ эфиромъ, извлекшимъ изъ него 5,1% смолъ, констатировалъ при этомъ весьма значительное повышеніе количества CO_2, выдѣляющейся при его разложеніи (вмѣсто 25,9 объемовъ CO_2 на 1000 об. протянутаго черезъ разлагающійся матеріалъ воздуха—получено было 50,6 об.). См. также работу Bas. Malencovic („Zeitschr. f. d. landw. Versuchswesen in Oester".

фактомъ вообще слабой разлагаемости хвойныхъ матеріаловъ, а также сравнительно весьма малаго содержанія въ нихъ водно-растворимыхъ органическихъ соединеній (см. выше) необходимо, конечно, считаться при выясненіи, напр., законовъ образованія и накопленія гумуса въ почвахъ подъ хвойными насажденіями.

Выразимъ же количества отщепляющихся зольныхъ и органическихъ соединеній изъ разлагающихся растительныхъ матеріаловъ въ опытахъ II-й и III-ей категорій, опять въ видѣ отношеній.

Въ опытахъ II-й категоріи	m:o
1) у листьевъ березы (при систематич. промыв.)	1:10,65
„ „ „ (безъ промыванія)	1: 8,27
2) у степного сѣна (при систематич. промыв.)	1:14,70
„ „ „ (безъ промыванія)	1:11,33
3) у хвои ели (при систематич. промываніи)	1: 5,47
„ „ „ (безъ промыванія)	1: 4,71

Въ опытахъ III-ей категоріи	
1) у листьевъ березы (при систематич. промываніи).	1:11,28
„ „ „ (безъ промыванія)	1: 7,27
2) у степного сѣна (при систематич. промыв.)	1:14,74
„ „ „ (безъ промыванія)	1:11,29
3) у хвои ели (при систематич. промыв.)	1: 5,32
„ „ „ (безъ промыванія)	1: 4,52

Такимъ образомъ, и въ условіяхъ опытовъ II и III категорій мы подмѣчаемъ снова то же явленіе, что матеріалы, испытывающіе сквозное повторное промываніе водой, образуютъ сравнительно большое количество подвижныхъ растворимыхъ органическихъ соединеній. Данное соотношеніе, однако, вырисовывается здѣсь не такъ рельефно, какъ то мы видѣли въ опытахъ I-й категоріи — въ виду вообще болѣе угнетеннаго хода процессовъ распада, наблюдаемаго при низкой t° или при избыточномъ увлажненіи разлагающейся массы.

Резюмируя все сказанное, мы, такимъ образомъ, прихо-

1905, s. 852), также показавшаго, что смолы подавляющимъ образомъ дѣйствуютъ на бактерій.

димъ къ заключенію, что фактъ выведенія растворимыхъ продуктовъ разложенія растительныхъ остатковъ изъ сферы взаимодѣйствія другъ съ другомъ и съ разлагающейся массой, создавая нѣсколько неблагопріятныя условія для полнаго распада органическихъ соединеній (въ силу обѣднѣнія массы основаніями), — влечетъ за собой образованіе большого количества какихъ-то промежуточныхъ, удобоподвижныхъ, органическихъ веществъ, которыя мы затѣмъ и открываемъ въ стекающихъ растворахъ. Нѣсколько дальше мы подойдемъ къ этому вопросу ближе и выяснимъ непосредственнымъ анализомъ ближайшій характеръ этихъ водно-растворимыхъ органическихъ соединеній.

Въ 3-хъ, разсмотрѣніе цифръ вышеприведенныхъ таблицъ даетъ намъ, наконецъ, возможность составить извѣстное представленіе и о вліяніи различныхъ комбинацій t° и увлажненія на количество отщепляющихся изъ разлагающагося матеріала водно-растворимыхъ органическихъ соединеній, а именно:

А) Если мы обратимъ вниманіе на тѣ цифры, которыя относятся къ опытамъ съ непромываемыми растительными матеріалами, то подмѣтимъ слѣдующую, общую для всѣхъ этихъ объектовъ, картину: сравнительно весьма малое количество переходящихъ въ растворъ органическихъ соединеній изъ матеріала, разлагающагося при optim'альныхъ условіяхъ влажности и t°, и весьма большое количество этихъ соединеній, наблюдаемое въ двухъ другихъ случаяхъ. Наиболѣе рѣзкая разница наблюдается у листьевъ березы и у сѣна; хвоя и въ этомъ отношеніи представляетъ собой ненаглядный объектъ, что, по всей вѣроятности, обусловливается опять-таки весьма трудной разлагаемостью его и отсюда малой, такъ сказать, его впечатлительностью ко всѣмъ внѣшнимъ агентамъ этого процесса. Что касается болѣе детальнаго вопроса, можно ли констатировать какую-либо раз-

ницу въ количествѣ отщепляющихся органическихъ соединеній у объектовъ, находившихся въ двухъ другихъ условіяхъ опыта (полная влагоемкость + t°, равная 5°—7° С. и 1/10 влагоемкость + t°, равная 25° С.), то по отношенію къ листвѣ березы и здѣсь разница сказывается весьма ощутительно (въ пользу первой изъ упомянутыхъ комбинацій); въ опытахъ же съ сѣномъ, а тѣмъ болѣе съ хвоей — разница эта хотя и наблюдается (опять въ ту же сторону), но не столь рельефно.

Въ цѣляхъ болѣе нагляднаго сравненія, сопоставимъ цифры, характеризующія количества отщепляющихся органическихъ соединеній изъ различныхъ растительныхъ матеріаловъ, параллельно другъ другу.

Перешло въ растворъ изъ 1000 ч. сух. вещества.

	I-ая кат. опытовъ gr.	II-ая кат. gr.	III-ья кат. gr.
Изъ листьевъ березы . . .	62,4512	269,4101	228,7513
„ степного сѣна	101,3247	257,4201	244,4192
„ хвои ели	32,8150	40,8307	37,1530

Прежде чѣмъ попытаться дать болѣе или менѣе удовлетворительное объясненіе указанному факту—сравнительно весьма малаго количества переходящихъ въ водный растворъ органическихъ соединеній, которое приходится намъ наблюдать именно въ обстановкѣ optim'альныхъ условій для разложенія (опыты I-й категоріи),—мы обратимся сначала къ соотвѣтственнымъ анализамъ, полученнымъ въ опытахъ

В) съ объектами, подвергавшимися повторнымъ промываніямъ, и съ этой цѣлью сравнимъ полученныя цифры другъ съ другомъ:

Перешло въ растворъ изъ 1000 ч. сух. вещества.

	I-ая кат. опытовъ gr.	II-ая кат. gr.	III-ья кат. gr.
Изъ листьевъ березы . . .	204,9572	304,4134	312,0652 (?)
„ степного сѣна	249,6032	296,0637	284,4163
„ хвои ели	41,2304	46,9786	43,7050

т.-е., и въ условіяхъ даннаго опыта мы наблюдаемъ по отношенію ко всѣмъ взятымъ объектамъ тотъ же аналогичный фактъ. — сравнительно малаго количества переходящихъ въ растворъ органическихъ соединеній изъ тѣхъ растительныхъ объектовъ, которые разлагались въ optim'альныхъ условіяхъ t° и увлажненія (I кат.). Что касается въ частности сравнительныхъ цифръ, полученныхъ въ опытахъ II и III категорій, то, по отношенію къ сѣну и хвоѣ, мы и здѣсь наблюдаемъ бо̀льшее количество перешедшихъ въ растворъ органическихъ веществъ именно въ условіяхъ опытовъ II-й категоріи (аналогично даннымъ, полученнымъ по отношенію къ объектамъ, не испытывавшимъ промыванія). Что же касается листвы березы, то цифры, полученныя съ этимъ объектомъ въ опытахъ II и III категоріи (304,4134 gr. и 312,0652 gr.), нѣсколько нарушаютъ только-что констатированное соотношеніе. Въ виду сравнительно небольшой разницы между двумя приведенными цифрами (менѣе 8 gr.) возможно допустить здѣсь какую-либо случайную погрѣшность или неточность въ опредѣленіи.

Попытаемся теперь всѣмъ наблюденнымъ фактамъ дать соотвѣтствующее объясненіе.

I) По отношенію къ растительнымъ матеріаламъ, не испытывавшимъ на себѣ систематическихъ промываній водой—фактъ сравнительно незначительнаго количества отщепляющихся изъ нихъ растворимыхъ органическихъ соединеній, которое приходится наблюдать при optim'альныхъ условіяхъ ихъ разложенія (I кат.) — становится для насъ совершенно яснымъ, если мы одновременно обратимъ вниманіе на общее суммарное количество переходящихъ при этомъ въ водный растворъ и зольныхъ соединеній. Разсмотрѣніе этихъ послѣднихъ цифръ, дѣйствительно, показываетъ намъ, что параллельно уменьшенію количествъ переходящихъ въ растворъ, въ условіяхъ даннаго опыта, органическихъ соеди-

ненiй идетъ одновременно—увеличенiе водно-растворимыхъ минеральныхъ. Такъ,

	I кат. gr.	II к. gr.	III к. gr.
1) Изъ листвы березы перешло въ растворъ минеральныхъ веществъ. изъ 1000 ч. сух. вещ.	43,4101	32,5575	31,4325
2) Изъ степного сѣна	28,6819	22,7116	21,6410
3) „ хвои ели	10,7995	8,6637	8,2115

Сопоставленiе этихъ цифръ съ цифрами, характеризующими количества переходящихъ одновременно въ растворъ органическихъ соединенiй (см. выше)—съ несомнѣнностью указываетъ намъ, что въ условiяхъ опытовъ I-ой кат. ($t^{\circ} = 38^{\circ}$, влажность = $^1/_2$ влагоемкости)—въ разлагающихся матерiалахъ шли энергичные процессы распада органическаго вещества, повлекшiе за собой, съ одной стороны, усиленную минерализацiю растительныхъ остатковъ, т.-е., энергичное отщепленiе изъ послѣднихъ растворимыхъ зольныхъ веществъ, съ другой — вызвавшiе глубокое разрушенiе органическихъ соединенiй и окисленiе ихъ до такихъ продуктовъ, какъ CO_2 и т. п. Въ двухъ же другихъ категорiяхъ опытовъ (II и III) — такой полный распадъ и окисленiе органическаго вещества не могли, конечно, имѣть мѣста—въ силу значительно менѣе благопрiятныхъ условiй t° и увлажненiя матерiала, почему указанный распадъ останавливался, вѣроятно, лишь на стадiи образованiя цѣлаго ряда промежуточныхъ, легко-подвижныхъ, органическихъ соединенiй, которыя мы поэтому и открываемъ въ стекающихъ жидкостяхъ въ сравнительно очень крупныхъ количествахъ.

Переходя къ сравненiю цифръ, полученныхъ по отношенiю, въ частности, къ опытамъ II и III категорiй—мы, какъ я на это указалъ уже выше, констатируемъ бо̀льшее количество переходящихъ въ водный растворъ органическихъ соединенiй именно въ опытахъ первой изъ упомянутыхъ категорiй (II-ой). Попытка примѣнить и къ данному случаю всѣ вышеизложен-

ныя соображенія представляется, повидимому, безрезультатной: анализъ стекающихъ жидкостей показываетъ одновременное же **увеличеніе** въ опытахъ II-ой категоріи и **минеральныхъ** соединеній. Такимъ образомъ,—параллельно болѣе энергичной минерализаціи растительныхъ остатковъ идетъ въ данномъ случаѣ, повидимому, и болѣе энергичное отщепленіе водорастворимыхъ органическихъ соединеній. Противорѣчіе это однако кажущееся и оно устраняется совершенно—при ближайшемъ сравнительномъ изученіи указанныхъ процессовъ распада органическихъ веществъ, протекающихъ въ условіяхъ опытовъ II и III категорій. Не входя пока въ обсужденіе даннаго вопроса по существу — къ нему мы вернемся въ III главѣ настоящей работы, когда ближе ознакомимся съ химическимъ составомъ стекающихъ растворовъ—я укажу только, что ближайшее изслѣдованіе интересующаго насъ сейчасъ вопроса, наоборотъ, убѣждаетъ насъ, что для процессовъ распада органическихъ веществъ (беря для сравненія условія опытовъ II и III категорій)—болѣе благопріятной обстановкой надо считать, согласно нашимъ опытамъ, излагаемымъ въ слѣдующей главѣ, комбинацію средней t° (25° C.) и недостаточнаго увлажненія (= 1/10 влагоемк.), чѣмъ сочетаніе низкой t° (5° — 7° C.) и избыточнаго увлажненія (= полной влагоемкости); другими словами,— **обстановка опытовъ III категоріи является болѣе благопріятной для процессовъ распада органическаго вещества, чѣмъ соотвѣтственная обстановка опытовъ II-й категоріи.** Если же, тѣмъ не менѣе, мы наблюдаемъ въ этомъ послѣднемъ случаѣ большее количество переходящихъ въ растворъ минеральныхъ соединеній, то, какъ мы въ этомъ убѣдимся ниже, явленіе это отнюдь не представляется слѣдствіемъ болѣе энергично-идущихъ процессовъ минерализаціи растительныхъ остатковъ, а обусловливается прямымъ растворяющимъ воздѣйствіемъ воды, такъ какъ, поддерживая все время опытовъ растительный матеріалъ въ состояніи полной

влагоемкости (т. е. избыточнаго увлажненія, заболоченности)—мы тѣмъ самымъ производимъ изъ даннаго матеріала какъ бы длительную водную вытяжку, въ которую несомнѣнно должны были перейти сравнительно бо̀льшія количества минеральныхъ соединеній, заключающихся въ этомъ объектѣ (время соприкосновенія воды съ растительнымъ матеріаломъ, играетъ, конечно, весьма важную роль въ вопросѣ количественнаго отщепленія изъ него зольныхъ соединеній). Между тѣмъ, несмотря на такія, казалось бы, благопріятныя условія въ опытахъ II кат. для выщелачиванія изъ растительнаго объекта большихъ количествъ минеральныхъ соединеній—мы констатируемъ, тѣмъ не менѣе, лишь ничтожное превышеніе общей суммы этихъ соединеній, переходящихъ въ водный растворъ въ опытахъ этой категоріи сравнительно съ опытами III категоріи (листья березы—32,5575 gr. и 31,4325 gr., сѣно—22,7116 gr. и 21,6410 gr. и т. д.).

Какъ высказанныя сейчасъ соображенія, такъ и ближайшее изученіе сущности интересующаго насъ сейчасъ явленія, о чемъ у насъ болѣе подробно будетъ рѣчь впереди,—убѣждаютъ насъ, такимъ образомъ, въ томъ, что болѣе угнетенный процессъ распада органическаго вещества—имѣетъ мѣсто именно въ опытахъ II-ой категоріи (избыточное увлажненіе). Отсюда становится для насъ яснымъ фактъ большаго количества переходящихъ въ растворъ, въ условіяхъ даннаго опыта, подвижныхъ органическихъ соединеній, сравнительно съ опытами III категоріи, — т. е., въ данномъ случаѣ намъ приходится, при объясненіи констатированнаго явленія, пользоваться тѣми же самыми аргументами, которые мы приводили выше, при разсмотрѣніи данныхъ, полученныхъ въ опытахъ I-й категоріи.

II) Обращаясь теперь къ тѣмъ растительнымъ объектамъ, которые подвергались во время своего разложенія неоднократному промыванію водой, мы, на основаніи приведенныхъ выше цифръ, пришли къ заключенію, что и въ

данномъ случаѣ приходится наблюдать довольно рѣзкое уменьшеніе количества переходящихъ въ водный растворъ органическихъ соединеній — именно тогда, когда растительный матеріалъ разлагается при optim'альныхъ условіяхъ увлажненія и t°. Если бы мы пожелали однако примѣнить къ данному явленію тѣ же самыя соображенія, которыя болѣе или менѣе удовлетворительно разъяснили намъ аналогичный фактъ, констатированный по отношенію къ объектамъ, водой непромываемымъ,—то встрѣтимся съ явленіемъ, которое, повидимому, идетъ совершенно въ разрѣзъ съ выведенными нами выше заключеніями, а именно—въ опытахъ I-й категоріи (=optim'альныя условія для разложенія) мы, хотя и наблюдаемъ значительно меньшія количества переходящихъ въ растворъ органическихъ соединеній—сравнительно съ опытами II-ой и III-ей кат., но параллельно этому уменьшенію—видимъ въ стекающихъ растворахъ уменьшеніе же и минеральныхъ, а именно:

Перешло въ растворъ минеральныхъ соединеній изъ 1000 ч. сух. вещ.

	I кат. gr.	II к. gr.	III к. gr.
Изъ листьевъ березы	25,3544	28,5739	27,6671
Изъ степного сѣна	17,6762	20,1324	19,2852
Изъ хвои ели	8,1743	8,5780	8,2213

Такимъ образомъ,—уменьшеніе въ условіяхъ описываемаго опыта количества органическихъ соединеній, повидимому, нельзя уже объяснить въ данномъ случаѣ усиленной минерализаціей растительныхъ остатковъ. Явленіе это оставалось непонятнымъ для насъ однако лишь до тѣхъ поръ, пока подробный химическій анализъ стекающихъ растворовъ не позволилъ вникнуть глубже въ сущность происходящихъ при этомъ процессовъ. Забѣгая нѣсколько впередъ (процессы эти подробно будутъ разобраны въ III главѣ), я укажу пока, что ближайшее изученіе этихъ послѣднихъ показало намъ, что энергія происходящихъ при разложеніи растительныхъ остатковъ явленій минерализаціи

ни подъ какимъ видомъ не можетъ характеризоваться лишь суммарнымъ опредѣленіемъ переходящихъ въ растворъ минеральныхъ соединеній. Оказывается, что одновременно съ усиленнымъ распадомъ органическаго вещества и съ усиленно-идущими при этомъ процессами минерализаціи, могутъ происходить въ разлагающейся массѣ процессы обратнаго закрѣпленія части освободившихся зольныхъ соединеній въ тѣлѣ микроорганизмовъ [1]). Въ результатѣ—параллельно интенсивно идущимъ процессамъ отщепленія минеральныхъ веществъ изъ разлагающихся остатковъ, могутъ одновременно совершаться упомянутыя регенераціонныя явленія по отношенію къ различнымъ отдѣльнымъ элементамъ (въ нашемъ случаѣ, главнымъ образомъ, по отношенію къ P_2O_5) и, въ конечномъ суммарномъ итогѣ, мы можемъ констатировать въ водныхъ вытяжкахъ изъ разлагающагося растительнаго матеріала меньшее количество общей суммы зольныхъ соединеній, по сравненію съ другимъ какимъ-либо аналогичнымъ объектомъ,—въ то время какъ общій характеръ процессовъ минерализаціи въ первомъ случаѣ будетъ итти значительно энергичнѣй.

Съ такимъ именно явленіемъ имѣемъ мы дѣло, какъ показываетъ подробный химическій анализъ стекающихъ растворовъ (см. III главу), въ данномъ, разсматриваемомъ случаѣ. Хотя суммарное количество перешедшихъ въ растворъ минеральныхъ соединеній въ опытахъ I категоріи — сравнительно со II и III кат.—и меньше (притомъ на весьма незначительную величину)—тѣмъ не менѣе изученіе каждаго въ отдѣльности химическаго соединенія, переходящаго въ этотъ растворъ, убѣждаетъ насъ, что именно въ обстановкѣ опытовъ этой категоріи (I-ой) мы и встрѣчаемся съ наиболѣе интенсивно-идущими процессами минерализаціи. А отсюда становится яснымъ и фактъ сравнительно малаго количества переходящихъ

[1]) Это доказано въ нашихъ опытахъ—путемъ примѣненія хлороформа (см. ниже).

въ растворъ органическихъ соединеній и т. д.; словомъ — въ дальнѣйшемъ являются уже вполнѣ примѣнимыми и умѣстными всѣ тѣ соображенія, которыя приведены были нами выше — по отношенію къ объектамъ, неиспытывавшимъ повторныхъ промываній.

Въ такомъ видѣ представляются намъ процессы отщепленія водно-растворимыхъ органическихъ соединеній изъ разлагающихся растительныхъ массъ,—съ **количественной** стороны. Присоединяясь къ мнѣнію проф. Леваковскаго, Hoppe-Seyler'а и проф. Слёзкина, что эти растворимыя органическія соединенія и являются главнѣйшимъ и непосредственнымъ источникомъ образованія и накопленія въ почвахъ гумуса,— нельзя не признать, что и этотъ количественный учетъ продуктовъ, получающихся изъ различныхъ растительныхъ объектовъ, при различныхъ условіяхъ ихъ разложенія и пр.,— представляетъ собой вопросъ первостепенной важности. Возможно болѣе широкая и разнообразная обстановка такихъ опытовъ могла бы приблизить насъ къ выясненію многихъ неясныхъ сторонъ, связанныхъ съ вопросомъ количественнаго распредѣленіе гумуса въ различныхъ физико-географическихъ районахъ.

Не меньшій, конечно, интересъ представляетъ собой—выясненіе и **качественной** стороны дѣла. Какія именно органическія соединенія отщепляются постепенно водой изъ того или другого растительнаго матеріала, находящагося въ тѣхъ или иныхъ условіяхъ разложенія, находимъ ли мы въ нихъ тѣ самые продукты, которые являются составной частью почвеннаго гумуса (напр., гуминовую, креновую и др. кислоты), и въ какихъ взаимныхъ соотношеніяхъ и пр.,—все это такіе вопросы, которые представляютъ собой живѣйшій интересъ.

Въ настоящее время въ нашей лабораторіи и предприняты въ этомъ направленіи систематическія изслѣдованія — Б. Н. **Одинцовымъ**. Хотя работа эта начата сравнительно еще недавно, и отъ окончательныхъ выводовъ приходится пока еще

воздержаться, тѣмъ не менѣе уже и теперь мы можемъ почерпнуть изъ нея нѣкоторыя интересныя данныя, проливающія свѣтъ на этотъ темный, почти не затронутый въ литературѣ, вопросъ. Въ полномъ объемѣ работа эта будетъ опубликована въ недалекомъ будущемъ. А пока, я изложу здѣсь только нѣкоторые выводы изъ этой работы, которые имѣютъ лишь непосредственное отношеніе къ интересующему насъ сейчасъ вопросу.

Съ цѣлью выяснить, какія именно органическія соединенія и въ какой послѣдовательности переходятъ въ водный растворъ изъ разлагающихся при различныхъ условіяхъ растительныхъ остатковъ, опыты были организованы слѣдующимъ образомъ.

150 гр. клевернаго сѣна, предварительно измельченнаго, путемъ пропусканія матеріала черезъ обыкновенную мясорубку, были равномѣрно перемѣшаны съ 300 гр. крупнозернистаго песка—прокаленнаго и промытаго соляной кислотой—и помѣщены въ объемистые сосуды. Предварительное размельченіе матеріала сдѣлано было съ цѣлью получить болѣе однородную массу; смѣшеніе съ пескомъ—съ цѣлью избѣжать возможнаго слёживанія и уплотненія ея.

Влагоемкость взятаго для опытовъ объекта = 466%.

Всѣ сосуды были раздѣлены на 3 категоріи: къ первой—относились матеріалы, поддерживаемые во влажности, равной $^1/_2$ влагоемкости ихъ, ко второй — матеріалы, доведенные до полной влагоемкости, и къ третьей — матеріалы съ двойной влагоемкостью. Въ послѣднемъ случаѣ создавались, так. обр., искусственно условія полной заболоченности. Въ каждой изъ упомянутыхъ категорій опытовъ различались еще два ряда сосудовъ; одни—подвергались сравнительно частому систематическому промыванію: 1-ое промываніе произведено было черезъ 2 недѣли отъ начала опытовъ, второе промываніе ихъ—черезъ 1 мѣсяцъ, третье — черезъ 2 мѣс. и четвертое—черезъ 3 мѣс. Такимъ образомъ, изъ этихъ матеріаловъ получено было по 4 водныхъ вытяжки для каждой изъ описан-

ныхъ выше категорій опытовъ. Другіе—оставались безъ этого повторнаго промыванія. Вытяжки же изъ нихъ производились въ тѣ же самые сроки, но для каждой такой операціи служилъ особый сосудъ. Такимъ образомъ, первая вытяжка была произведена въ этомъ рядѣ опытовъ изъ матеріала, разлагавшагося въ теченіе 1 мѣс. вторая — изъ матеріала, разлагавшагося безъ промежуточнаго промыванія въ теченіе 2 мѣс. и 3-я—спустя 3 мѣсяца отъ начала опыта (также безъ промежуточныхъ промываній).

Такая постановка опытовъ давала возможность, во-1-хъ, выяснить вліяніе различныхъ степеней увлаженія растительныхъ матеріаловъ на характеръ и количество отщепляющихся изъ нихъ водно-растворимыхъ органическихъ соединеній, и во-2-хъ, изучить разницу, проявляемую въ этомъ отношеніи объектами, испытывающими повторное промываніе, и объектами, остающимися безъ такого промежуточнаго промыванія.

Водныя вытяжки приготовлялись путемъ обработки растительнаго матеріала 20-ти кратнымъ количествомъ дистиллированной воды; по истеченіи 5-ти минутъ, вытяжки эти фильтровались сначала черезъ плотную марлю, а затѣмъ, черезъ глиняныя свѣчи Шамберлана, послѣ чего немедленно поступали въ анализъ.

Общее содержаніе органическихъ веществъ въ получаемыхъ растворахъ опредѣлялось путемъ титрованія хамелеономъ въ присутствіи H_2SO_4. Опредѣленіе гуминовой кислоты велось слѣдующимъ образомъ: 100 сс. раствора обрабатывалось соляной кислотой; на слѣдующій день выпавшій осадокъ фильтровался; осадокъ на фильтрѣ растворялся очень слабымъ $NaHO$ и въ полученномъ растворѣ гуминовая кислота опредѣлялась титрованіемъ хамелеономъ. Въ фильтратѣ же отъ соляной кислоты опредѣлялась апокреновая к. Съ этой цѣлью, растворъ доводился, путемъ прибавленія слабаго $NaHO$, до слабо-щелочной реакціи, снова подкислялся слабымъ растворомъ уксусной ки-

слоты, послѣ чего обрабатывался растворомъ уксуснокислой мѣди; осадокъ апокреновокислой мѣди фильтровался спустя сутки, растворялся на фильтрѣ слабой H_2SO_4 и апокреновая кислота опредѣлялась снова титрованіемъ хамелеономъ. Фильтратъ же отъ апокреновокислой мѣди шелъ на опредѣленіе креновой кислоты, послѣ предварительнаго нейтрализованія и обработки избыткомъ NH_3; осадокъ спустя сутки фильтровался, растворялся на фильтрѣ слабой H_2SO_4, послѣ чего креновокислая мѣдь титровалась обычнымъ путемъ хамелеономъ. Весь расчетъ какъ общаго количества органическихъ веществъ, такъ и въ отдѣльности — гуминовой, креновой и апокреновой кислотъ выражался въ % углерода.

I. Переходя къ полученнымъ результатамъ, обратимъ прежде всего вниманіе на общее количество органическихъ веществъ, переходящихъ въ растворъ изъ растительныхъ массъ — при различныхъ условіяхъ ихъ разложенія.

Приведемъ относящіяся къ этому вопросу цифры анализовъ:

Извлечено водно-растворимыхъ органическихъ соединеній въ (% C):

	При влажности матеріала, равной:		
	½ влагоемк.	Полной влаг.	Двойн. влаг.
Изъ клевернаго сѣна, разлагавшагося въ теченіе 1 мѣс. .	0,0612	0,9744	1,4674
Id., но испытавшаго за это время два промыванія (черезъ 2 недѣли и черезъ 1 мѣсяцъ). Сумма двухъ вытяжекъ	1,0803	1,3730	3,6538
Изъ клев. сѣна, разлагавшагося въ теченіе 2 мѣс.	0,6900	1,3860	1,7280
Id., но испытавшаго 3 промыв. (черезъ 2 нед., черезъ 1 мѣс. и черезъ 2 мѣс.). Сумма 3-хъ вытяжекъ	1,2743	1,5350	3,9778
Изъ клев. сѣна, разлагавшагося въ теченіе 3 мѣс.	0,3570	0,4380	0,7680
Id., но испытавшаго 4 промыв. (черезъ 2 нед., 1 мѣс., 2 мѣс. и 3 мѣс.). Сумма 4 вытяжекъ.	1,3373	1,5830	4,1638

Эта таблица даетъ намъ возможность одновременно выяснить вліяніе двухъ факторовъ на общее количество отщепляющихся изъ разлагающагося матеріала водно-растворимыхъ органическихъ соединеній, а именно: вліяніе степени увлажненія его, и вліяніе повторныхъ систематическихъ промываній.

А) Что касается того, какимъ образомъ отразилась на количествѣ переходящихъ въ растворъ органическихъ соединеній различная степень увлажненности матеріала, то во всѣхъ случаяхъ, безъ исключенія, мы констатируемъ одинъ и тотъ же фактъ: чѣмъ болѣе затрудненнымъ является доступъ воздуха къ разлагающемуся матеріалу, какъ результатъ избыточнаго увлажненія его, — тѣмъ бо́льшее количество переходитъ изъ него въ растворъ органическихъ соединеній. При optim'альныхъ же условіяхъ разложенія (которыя мы принимаемъ равными ½ влагоемкости) указанное количество является наименьшимъ. Надо предположить, что въ этомъ послѣднемъ случаѣ разложеніе растительной массы шло весьма энергично — вплоть до сгоранія органическаго вещества въ цѣлый рядъ такихъ окисленныхъ продуктовъ, какъ CO_2, H_2O и т. п. Въ двухъ же другихъ случаяхъ, гдѣ избыточное увлажненіе препятствовало ходу аэробныхъ процессовъ, эти послѣдніе останавливались, повидимому, на рядѣ лишь промежуточныхъ, легко-растворимыхъ въ водѣ и удобоподвижныхъ, соединеній.

И здѣсь, такимъ образомъ, мы находимъ полное подтвержденіе сдѣланнымъ нами выше выводамъ, полученнымъ по отношенію къ другимъ растительнымъ объектамъ.

Каковъ характеръ этихъ промежуточныхъ продуктовъ — выясняютъ намъ до нѣкоторой степени данныя, полученныя при анализѣ кислотности стекающихъ растворовъ.

Общая кислотность — опредѣлялась титрованіемъ 1/10 нормальнаго раствора ѣдкаго барита до появленія красной неисчезающей окраски (въ присутствіи фенолфталеина). Количе-

ство потраченныхъ сс. щелочи относилось къ 100 gr. растительнаго матеріала (= 2000 сс. вытяжки).

Кислотность, вызываемая присутствіемъ въ вытяжкѣ свободныхъ и ненасыщенныхъ органическихъ кислотъ—опредѣлялась какъ и въ предыдущемъ случаѣ, но только послѣ предварительнаго кипяченія вытяжки (для удаленія свободной CO_2), до тѣхъ поръ, пока не останется въ стаканчикѣ около 3/4 прежняго объема.

Приведемъ наиболѣе типичныя цифры этихъ анализовъ. Кислотность общая (вызываемая совмѣстно свободной CO_2 и ненасыщенными органическими кислотами):

		1/2 влагоемк.	Двойн. влагоемкость.
Объектъ непромываемый.	Вытяжка изъ клев. сѣна разлагавшагося въ теченіе 2 недѣль	24 сс.	219 сс.
	Вытяжка изъ клев. сѣна разлагавшагося въ теченіе 1 мѣс.	36 „	85 „
	Вытяжка изъ клев. сѣна, разлагавшагося въ теченіе 2 мѣс.	12 „	97 „
Объектъ подвергавшійся промыванію.	Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 1 мѣсяца . .	48 „	299 „
	Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 2 мѣсяцевъ .	72 „	469 „
	Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 3 мѣсяцевъ .	92 „	599 „

Цифры этихъ анализовъ рельефно указываютъ намъ, какая огромная разница наблюдается въ количествѣ именно кислыхъ продуктовъ—между растительными объектами, разлагавшимися при доступѣ воздуха (1/2 влаг.) и въ условіяхъ заболоченности.

Если мы перейдемъ теперь отъ общей кислотности вытяжекъ, къ кислотности ихъ, вызываемой однѣми органическими кислотами (свободными и ненасыщенными), то получимъ не менѣе рельефную картину:

Кислотность вызываемая присутствіемъ свободныхъ и ненасыщенныхъ органическихъ кислотъ:

		½ влагоемк.	Двойн. влаг.
Объектъ непромываемый.	Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 2-хъ недѣль	0,0 cc.	189 cc.
	Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 1 мѣс. . .	12,5 „	24 „
	Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 2 мѣс. . .	6,0 „	12 „
Объектъ, подвергавшійся промыванію.	Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 1 мѣс. . .	10,0 cc.	239 cc.
	Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 2 мѣс. . .	16,0 „	312 „
	Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 3 мѣс. . .	26,0 „	362 „

Итакъ, несомнѣнно, что избыточное увлажненіе разлагающагося матеріала влечетъ за собой образованіе въ немъ промежуточныхъ продуктовъ, въ видѣ легкоподвижныхъ водно-растворимыхъ органическихъ кислотъ. Если перенести эти лабораторные выводы въ природу, то намъ станутъ до нѣкоторой степени понятными тѣ своеобразныя условія почвообразованія, которыя мы наблюдаемъ въ районахъ избыточнаго увлажненія; по крайней мѣрѣ, процессы подзолообразованія, столь характерные для этихъ районовъ, сопровождающіеся, какъ извѣстно, выщелачиваніемъ изъ верхнихъ горизонтовъ почвы цѣлаго ряда соединеній, находятъ себѣ достаточное объясненіе въ вышеприведенныхъ лабораторныхъ данныхъ, такъ какъ послѣдними опредѣленно констатируется наличность большого количества именно кислыхъ, подвижныхъ продуктовъ, неизбѣжно, такимъ образомъ, образующихся въ условіяхъ избыточнаго увлажненія разлагающихся растительныхъ остатковъ. Въ томъ же приблизительно направленіи должны протекать почвообразовательные процессы и въ болѣе засушливыхъ районахъ, но гдѣ особыя условія рельефа (въ котловинахъ, въ пониженныхъ мѣстахъ), и пр.—могутъ создавать вышеупомянутую обстановку повышенной увлажненности разлагающихся остатковъ, а слѣдовательно, и болѣе затрудненнаго доступа къ нимъ атмосфернаго воздуха.

В) Теперь выяснимъ вліяніе на количество переходящихъ въ растворъ органическихъ соединеній другого фактора, а именно — повторныхъ, систематическихъ промываній разлагающагося матеріала, когда, слѣдовательно, образующіеся продукты разложенія выходятъ изъ сферы взаимодѣйствія какъ другъ съ другомъ, такъ и съ разлагающейся массой.

Выясненіе этого вопроса, какъ я уже имѣлъ случай объ этомъ говорить выше, представляетъ собой существенный интересъ, главнымъ образомъ, съ точки зрѣнія освѣщенія сущности того типа почвообразованія, который протекаетъ въ условіяхъ повторяющагося время-отъ-времени сквозного промыванія атмосферными осадками разлагающихся растительныхъ остатковъ. Условія эти имѣютъ мѣсто, конечно, не только въ тѣхъ физико-географическихъ районахъ, гдѣ выпадаетъ обычно много осадковъ, и гдѣ, въ силу этого, создается часто анаэробная обстановка, направляющая процессы почвообразованія, какъ мы недавно въ этомъ убѣдились, въ сторону совершенно своеобразныхъ условій; но съ фактами промыванія отмершихъ растительныхъ остатковъ атмосферной водой мы встрѣчаемся весьма часто и въ любомъ другомъ физико-географическомъ районѣ—при выпаденіи, напр., вообще обильнаго дождя, при скопленіи отмершихъ остатковъ на субстратѣ, обладающемъ высокой водопроводимостью и т. п.

Мы увидимъ сейчасъ, что и описываемые опыты, слѣдовательно, съ другимъ растительнымъ объектомъ, при другомъ методѣ изслѣдованія, при другой обстановкѣ ихъ—снова подтверждаютъ единогласно высказанное мною раньше положеніе, что образованіе большихъ количествъ кислыхъ удобоподвижныхъ продуктовъ разложенія вполнѣ возможно и при аэробной обстановкѣ, но лишь при условіи систематическаго выведенія образующихся продуктовъ изъ сферы взаимодѣйствія съ разлагающимся матеріаломъ путемъ спорадическаго промыванія послѣдняго водой. Съ

этой точки зрѣнія почвообразовательные процессы, протекающіе въ кислой средѣ,—слѣдовательно, съ наклонностью къ реакціямъ подзолообразованія, возможны не только въ районахъ избыточнаго увлажненія, влекущаго за собой анаэробную обстановку разложенія, что мы видимъ, напр., въ сѣверныхъ зонахъ, но они мыслимы, напр., и въ тропическихъ странахъ, гдѣ имѣется на лицо именно это обильное промываніе остатковъ атмосферными водами, и гдѣ, благодаря своеобразнымъ метеорологическимъ условіямъ, а также благодаря опредѣленнымъ физическимъ свойствамъ почвообразующихъ породъ, мы отнюдь не можемъ заподозрить существованія анаэробной среды при процессахъ разложенія растительныхъ объектовъ. Быть можетъ, высказанныя сейчасъ соображенія, подкрѣпленныя у насъ притомъ цѣлымъ рядомъ опытныхъ данныхъ, и обязываютъ насъ не считать абсурдными тѣ взгляды нѣкоторыхъ изслѣдователей, согласно которымъ, напр., тропическіе латериты являются тѣми же подзолами, но только съ необычайно сильно-развитымъ ортштейновымъ горизонтомъ [1]).

Обратимся, однако, къ анализамъ, и съ этой цѣлью сравнимъ прежде всего кислотность вытяжекъ изъ матеріаловъ, разлагавшихся безъ промежуточнаго промыванія, съ кислотностью вытяжекъ изъ матеріаловъ, систематически промываемыхъ.

Кислотность общая: (свободная CO_2 + свободныя и ненасыщенныя органич. кислоты).

	½ влагоемк.		Двойная влагоемк.	
	Безъ пром.	Съ пром.	Безъ пром.	Съ пром.
Вытяжка изъ клев. сѣна, разлагавшагося въ теченіе 1 мѣс.	36 cc.	48 cc.	85 cc.	299 cc.
Вытяжка изъ клев. сѣна, разлагавшагося въ теченіе 2 мѣс.	12 „	72 „	97 „	469 „

Кислотность, вызываемая присутствіемъ свободныхъ и ненасыщенныхъ органическихъ кислотъ:

---

[1]) См., напр., А. Набокихъ.—„Сел. Хоз. и Лѣсов.“, 1911 г. мартъ.

	½ влагоемк.		Двойная влагоемк.	
	Безъ пром.	Съ пром.	Безъ пром.	Съ пром.
Вытяжка изъ клев. сѣна, разлагавшагося въ теченіе 1 мѣс.	12,5 сс.	10,0 сс.(?)	24 сс.	239 сс.
Вытяжка изъ клев. сѣна, разлагавшагося въ теченіе 2 мѣс.	6,0 „	16,0 „	12 „	312 „

Приведенныя цифры наглядно показываютъ, что повторныя промыванія разлагающихся растительныхъ массъ, дѣйствительно, влекутъ за собой повышенное образованіе въ нихъ кислыхъ продуктовъ. Результатомъ этого должно явиться угнетеніе дальнѣйшихъ процессовъ разложенія органическаго вещества, которые въ силу этого не идутъ до образованія окисленныхъ, конечныхъ продуктовъ распада, а останавливаются на цѣломъ рядѣ лишь промежуточныхъ кислыхъ соединеній, каковыя въ своей бо̀льшей массѣ и идутъ затѣмъ въ растворъ. Анализъ на общее количество переходящихъ въ водную вытяжку органическихъ веществъ вполнѣ подтверждаетъ этотъ выводъ:

Извлечено водно-растворимыхъ органическихъ соединеній (въ % С):

	½ влагоемк.		Полн. влагоемк.		Двойная влагоемк.	
	Безъ пром.	Съ пром.	Безъ пром.	Съ пром.	Безъ пром.	Съ пром.
	%	%	%	%	%	%
Изъ клев. сѣна, разлагавш. въ теченіе 1 мѣс. . . .	0,6612	1,0803	0,9744	1,3730	1,4674	3,6538
Изъ клев. сѣна, разлагавш. въ теченіе 2 мѣс. . . .	0,6900	1,2743	1,3860	1,5350	1,7280	3,9778
Изъ клев. сѣна, разлагавш. въ теченіе 3 мѣс. . . .	0,3570	1,3373	0,4380	1,5830	0,7680	4,1638

II. Выяснивши общій характеръ органическихъ соединеній, переходящихъ въ водную вытяжку изъ разлагающихся при различныхъ условіяхъ растительныхъ остатковъ, а также ознакомившись съ суммарнымъ количествомъ этихъ соединеній,

пойдемъ теперь дальше, и разсмотримъ, входятъ ли въ составъ этихъ отщепляющихся органическихъ продуктовъ такія соединенія, которыя являются неотъемлемой составной частью почвеннаго гумуса, какъ, напр., гуминовая, креновая и апокреновая кислоты, и если входятъ, то въ какихъ именно количествахъ, и въ какомъ взаимоотношеніи—въ зависимости отъ различныхъ условій разложенія растительныхъ остатковъ.

Выясненіе этого вопроса представляется также чрезвычайно интереснымъ и важнымъ. Рѣшеніе, напр., поставленнаго вопроса въ положительномъ смыслѣ, могло бы дать намъ въ руки весьма вѣскіе аргументы въ пользу того, что именно водныя вытяжки изъ отмирающихъ растительныхъ остатковъ являются ближайшимъ и непосредственнымъ источникомъ образованія въ почвѣ гумуса.

Опыты г. Одинцова, произведенные въ нашей лабораторіи, даютъ въ этомъ отношеніи довольно опредѣленный матеріалъ.

Гуминовая кислота.

Относительно гуминовой кислоты необходимо, прежде всего, указать, что она констатирована уже въ водной вытяжкѣ изъ свѣжаго матеріала [1]), гдѣ ея количество было, выражая въ $^0/_0$ углерода, равнымъ 0,1374%.

А) Что касается до водныхъ растворовъ изъ разлагавшихся уже матеріаловъ (непромываемыхъ), то чѣмъ дальше подвигался процессъ разложенія послѣднихъ, тѣмъ количество гуминовой кислоты все болѣе уменьшалось. Соотношеніе это можно было ясно видѣть при всякой степени увлажненія разлагающейся массы, а именно:

---

[1]) Судя по нѣсколько буроватому цвѣту клевернаго сѣна, служившаго для опытовъ, можно было, впрочемъ, думать, что оно уже испытало на себѣ начальныя стадіи броженія и разложенія.



Количество гуминовой кислоты въ °/₀ С:

	½ влаг. °/₀	Полн. влаг. °/₀	Двойн. влаг. °/₀
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 2-хъ недѣль	0,4380	0,2190	—
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 1 мѣс.	0,2740	0,2175	0,1299
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 2 мѣс.	0,3270 (?)	0,1524	0,0774
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 3 мѣс.	0,1260	0,1098	0,0768

Такимъ образомъ,—по мѣрѣ хода разложенія растительнаго матеріала—гуминовая кислота превращалась какъ бы въ болѣе окисленныя соединенія, что вполнѣ, какъ извѣстно, отвѣчаетъ нашимъ представленіямъ о свойствахъ и характерѣ этого продукта.

Вмѣстѣ съ тѣмъ, однако, если мы будемъ сравнивать цифры по горизонтальнымъ линіямъ, то встрѣтимся съ явленіемъ, которому затруднительно пока дать болѣе или менѣе удовлетворительное объясненіе. Дѣло въ томъ, что чѣмъ въ менѣе благопріятныхъ условіяхъ находится разлагающійся матеріалъ со стороны аэраціи (въ силу бо́льшей заболоченности), тѣмъ меньшія количества приходится открывать въ немъ гуминовой кислоты. Что же касается креновой и апокреновой кислотъ, то, наоборотъ, количества ихъ въ этомъ случаѣ прогрессивно увеличиваются, въ чемъ мы убѣдимся нѣсколько ниже. Получается въ результатѣ интересное соотношеніе: количества болѣе окисленныхъ продуктовъ, какими являются креновая и апокреновая кислоты, увеличиваются какъ бы на счетъ окисленія гуминовой кислоты, и процессъ этотъ идетъ тѣмъ интенсивнѣй, чѣмъ въ болѣе анаэробной обстановкѣ находится разлагающійся матеріалъ. Правда, этотъ фактъ, выведенный опытнымъ путемъ, какъ нельзя лучше освѣщаетъ намъ тотъ своеобразный типъ почвообразованія, который мы наблюдаемъ въ районахъ избыточнаго увлажненія и

который протекаетъ въ условіяхъ образованія именно такихъ легко подвижныхъ сравнительно продуктовъ, и такихъ, вмѣстѣ съ тѣмъ, энергичныхъ реактивовъ, каковыми являются креновая и отчасти апокреновая кислота; помогаетъ этотъ выводъ и выясненію другого вопроса,—почему въ болѣе аэробныхъ условіяхъ, какъ, напр., въ черноземной зонѣ,—упомянутыхъ кислотъ образуется сравнительно немного, и разложеніе растительныхъ массъ останавливается здѣсь на стадіи, главнымъ образомъ, гуминовой кислоты; короче говоря, сдѣланное нами выше заключеніе—на основаніи лабораторнаго опыта—находится въ полномъ соотвѣтствіи съ тѣми явленіями, которыя мы наблюдаемъ въ природѣ, при естественныхъ условіяхъ. Но вопросъ о ближайшемъ выясненіи вышеупомятой непонятной реакціи—мы оставляемъ пока открытымъ [1]).

B) Если мы обратимся теперь къ учету гуминовой кислоты въ водныхъ вытяжкахъ изъ такихъ растительныхъ матеріаловъ, которые разлагались при повторныхъ промываніяхъ, то увидимъ нѣсколько иное соотношеніе; а именно:

Количество гуминовой кислоты въ % C.

	½ влаг. %	Полн. влаг. %	Двойн. влаг. %
Вытяжка изъ сѣна разлагавшагося въ теченіе 1 мѣс. (испытавшаго за это время 2 промыванія). Сумма 2-хъ вытяжекъ	0,6758	0,2741	0,0181

[1]) A. Mayer („D. l. Vers-Stat.", 1903, Bd. 58), анализируя ортштейнъ, нашелъ въ немъ безусловно болѣе окисленные органическіе продукты, чѣмъ въ почвенномъ горизонтѣ (типа, гл. обр., апокреновой кислоты). Авторъ пытается объяснить этотъ странный фактъ—проникновеніемъ воздуха вглубь почвы въ сухое время года, но объясненіе это, конечно, ни въ коемъ случаѣ нельзя признать удовлетворительнымъ.

Быть можетъ, констатированный изложенными выше опытами фактъ—объясняется процессами окисленія гуминовой кислоты тѣми кислотами, которыя накопляются, какъ мы видѣли, въ большомъ количествѣ, именно въ анаэробной обстановкѣ? Вѣдь извѣстно, напр., что HNO_3 окисляетъ гуминовую кислоту легко—сначала въ апокреновую, а затѣмъ—въ щавелевую и муравьиную кислоты.

	1/2 влаг. %	Полн. влаг. %	Двойн. влаг. %
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 2-хъ мѣс. Сумма 3-хъ вытяжекъ	0,7340	0,3185	—
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 3-хъ мѣс. Сумма 4-хъ вытяжекъ	0,7712	0,3395	0,0685

Т.-е., мы видимъ здѣсь совершенно обратную картину: чѣмъ бо̀льшее время разлагался матеріалъ, и чѣмъ большее число разъ онъ промывался водой—тѣмъ бо̀льшее количество накоплялось въ немъ гуминовой кислоты. Выводъ этотъ находится въ полномъ соотвѣтствіи съ констатированнымъ нами выше фактомъ—вообще болѣе угнетеннаго хода процессовъ разложенія матеріала при повторномъ промываніи послѣдняго водой, вслѣдствіе чего тормозились окислительныя реакціи, и распадъ органическаго вещества останавливался на стадіи образованія именно гуминовой кислоты [1]). Если же мы будемъ сравнивать цифры опять по горизонтальнымъ линіямъ, и попытаемся выяснить частный вопросъ, какъ отражалось на накопленіи гуминовой кислоты избыточное увлажненіе разлагающагося матеріала, то снова вынуждены будемъ признать, что въ анаэробной обстановкѣ гуминовая кислота превращается какимъ то образомъ въ болѣе окисленныя формы. Когда будетъ итти рѣчь о креновой и апокреновой кислотахъ, то цифры анализовъ подтвердятъ намъ это положеніе.

Креновая и апокреновая кислоты.

Выше, при изученіи количествъ гуминовой кислоты, образующейся въ разлагающемся матеріалѣ, мы констатировали тотъ, не совсѣмъ понятный съ точки зрѣнія химической, но вполнѣ подтверждаемый наблюденіями въ природѣ фактъ, что,

[1]) Этими же соображеніями объяснить надо и соотвѣтсвующую разницу въ количествахъ гуминовой кислоты, которую мы замѣчаемъ, если будемъ сравнивать цифры послѣднихъ обѣихъ таблицъ между собою.

съ появленіемъ условій избыточнаго увлажненія, а, слѣдовательно, съ созданіемъ анаэробной среды—гуминовыя соединенія разлагающагося матеріала начинаютъ уступать мѣсто креновымъ и апокреновымъ. Фактъ уменьшенія при этомъ количествъ гуминовой кислоты констатированъ нами выше. Теперь мы приведемъ цифры анализа, показывающія параллельное этому явленію повышеніе въ разлагающейся растительной массѣ количествъ креновой и апокреновой кислотъ.

I. Клеверное сѣно, не подвергавшееся промыванію.

Креновая кислота въ % C.

	1/2 влаг. %	Полн. влаг. %	Двойн. влаг. %
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 2-хъ недѣль	0,0570	не опред.	0,8280
Вытяжка изъ сѣна, расзлагавшагося въ теченіе 1 мѣсяца	0,0522	0,0725	0,0638
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 3-хъ мѣс.	0,0390	0,0540	0,1590

Апокреновая кислота въ % C.

	1/2 влаг. %	Полн. влаг. %	Двойн. влаг. %
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 2-хъ недѣль	0,5280	не опред.	0,5700
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 1 мѣсяца	0,1624	0,1537	0,1972
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 2-хъ мѣс.	0,1080	0,1650	0,2340
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 3-хъ мѣс.	0,0570	0,0870	0,1290

II. Тотъ же объектъ, подвергавшійся повторнымъ промываніямъ.

Креновая кислота въ % C.

	1/2 влаг. %	Полн. влаг. %	Двойн. влаг. %
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 1 мѣс.	0,1035	0,1219	1,0136
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 2-хъ мѣс.	0,1035	0,1234	1,0451
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 3-хъ мѣс.	0,1105	0,1354	1,0991

Апокреновая кислота въ % С.

	½ влаг. %	Двойн. влаг. %
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 1 мѣс.	0,6701	0,6934
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 3-хъ мѣс.	0,8131	1,8059

Изложенными опытами констатируется, такимъ образомъ, наличность именно въ водныхъ вытяжкахъ изъ растительныхъ остатковъ такихъ соединеній, которыя мы считаемъ неотъемлемой составной частью почвеннаго гумуса, а именно—наличность гуминовой, креновой и и апокреновой кислотъ. Этимъ выводомъ съ несомнѣнностью устанавливается тотъ фактъ, что ближайшимъ и непосредственнымъ источникомъ гумусовыхъ образованій почвы—могутъ быть уже водные растворы, получающіеся изъ отмирающихъ на поверхности почвы растительныхъ остатковъ, и, слѣдовательно, не надо искать въ почвѣ какого-либо спеціальнаго щелочного растворителя, который объяснялъ бы намъ условія образованія, просачиванія и распредѣленія гумусовыхъ соединеній въ почвѣ;—процессы эти находятъ себѣ мѣсто въ природѣ—при воздѣйствіи уже каждаго выпадающаго дождя на отмершіе растительные объекты [1]).

Конечно, при разложеніи растительныхъ массъ образуются между прочимъ и амміачныя соединенія, которыя, способствуя накопленію въ почвѣ растворимыхъ перегнойно-амміачныхъ

---

[1]) На XII Съѣздѣ Русскихъ Естеств. и Врачей мною сдѣланъ былъ докладъ („Нѣсколько соображеній по поводу существующихъ классификацій гумусовыхъ образованій въ почвѣ"—см. Дневникъ Съѣзда, стр. 638), въ которомъ я сообщалъ о найденныхъ мною прямыхъ соотношеніяхъ между составомъ водныхъ вытяжекъ изъ нѣкоторыхъ растительныхъ остатковъ (различныхъ растит. формацій) и составомъ зольной части гумуса тѣхъ почвъ, на которыхъ скоплялись упомянутые растительные объекты. Нахожденіе такихъ соотношеній представляетъ собой, несомнѣнно, одно изъ лучшихъ доказательствъ, говорящихъ въ пользу взглядовъ, высказываемыхъ нами въ настоящей работѣ.

веществъ, также будутъ содѣйствовать процессамъ просачиванія и распредѣленія гумуса въ почвѣ, но процессы эти вторичные и, во всякомъ случаѣ, не могущіе имѣть такого широкаго и повсемѣстнаго значенія, которое мы должны отвести непосредственному воздѣйствію атмосферныхъ осадковъ.

Чтобы освѣтить вопросъ о количествѣ образующихся амміачныхъ соединеній при разложеніи растительныхъ матеріаловъ, приведемъ соотвѣтствующіе анализы изъ вышеизложенныхъ опытовъ—съ объектами, не подвергавшимися промыванію [1]).

N амміачный (въ % N).

	½ влаг. %	Полн. влаг. %	Двойн. влаг. %
Вытяжка изъ клев. сѣна, разлагавшагося въ теченіе 2-хъ недѣль. . . .	0	0	0,0428
Вытяжка изъ клев. сѣна, разлагавшагося въ теченіе 1 мѣс.	0,0084	0,0137	0,0005
Вытяжка изъ клев. сѣна, разлагавшагося въ теченіе 2 мѣс.	0,0098	0,0280	0,0070
Вытяжка изъ клев. сѣна, разлагавшагося въ теченіе 3 мѣс.	0,0084	0,0224	0,0798

Съ цѣлью придать этимъ цифрамъ болѣе конкретное значеніе,—приведемъ, для сравненія, анализы—общаго количества въ вытяжкахъ азота, азота бѣлковъ, азота амидокислотъ и азота амидовъ амидокислотъ.

Общее количество N (въ %) [2]).

	½ влаг. %	Полн. влаг. %	Двойн. влаг. %
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 2-хъ недѣль.	0,0476	0,0596	0,2520
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 1 мѣс.	0,0898	0,1299	0,1260

[1]) Вытяжка подкислялась слабой соляной кислотой и, въ присутствіи жженной магнезіи, перегонялась въ титрованную H_2SO_4.

[2]) 100 cc. вытяжки вносилось въ Кьельдалевскую колбу и кипятилось въ присутствіи крѣпкой H_2SO_4. N опредѣлялся въ дальнѣйшемъ по методу Кьельдаля.

	½ влаг. %	Полн. влаг. %	Двойн. влаг. %
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 2 мѣс.	0,0644	0,0784	0,0610
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 3 мѣс.	0,0392	0,0700	0,1120

N бѣлковъ (въ %) [1].

	½ влаг. %	Полн. влаг. %	Двойн. влаг. %
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 2-хъ недѣль.	0,0340	0,0434	0,0644
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 1 мѣс.	0,0431	0,0380	0,0407
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 2 мѣс.	0,0392	0,0266	0,0434
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 3 мѣс.	0,0224	0,0294	0,0196

N амидокислотъ (въ % N) [2].

	½ влаг. %	Полн. влаг. %	Двойн. влаг. %
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 2-хъ недѣль.	0,0080	0,0078	0,1350
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 1 мѣс.	0,0	0,0644	0,0487
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 2 мѣс.	0,0234	0,0	0,0050
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 3 мѣс.	0,0084	0,0182	0,0128

N амидовъ амидокислотъ (въ % N) [3].

---

[1]) 200 сс. вытяжки осаждалось при кипяченіи свинцовымъ уксусомъ. По охлажденіи осадокъ отфильтровывался, высушивался и вмѣстѣ съ фильтромъ вносился въ колбу Кьельдаля, гдѣ и подвергался сжиганію съ крѣпкой H_2SO_4 и т. д.

[2]) Опредѣлялся по разности (общее количество азота за вычетомъ N аммiачнаго, бѣлковаго и амидовъ амидокислотъ).

[3]) Опредѣлялся въ фильтратѣ послѣ осажденія бѣлковъ. 100 сс. вытяжки подкислялось 5 сс. крѣпкой HCl и подвергалось кипяченію съ обратнымъ холодильникомъ въ теченіе 1½ часа. По нейтрализаціи до слабо кислой реакціи производилась перегонка въ титрованную H_2SO_4. Найденное количество азота составляетъ собой сумму азота аммiачнаго + ½ количества азота амидовъ амидокислотъ. Вычитая азотъ аммiачный и умножая разность на два—находимъ количество азота амидовъ амидокислотъ.

	½ влаг. %	Полн. влаг. %	Двойн. влаг. %
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 2-хъ недѣль	0,0056	0,0084	0,0100
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 1 мѣс.	0,0420	0,0137	0,0360
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 2 мѣс.	0,0	0,0476	0,0056
Вытяжка изъ сѣна, разлагавшагося въ теченіе 3 мѣс.	0,0	0,0	0,0

Крайне важнымъ считаю отмѣтить тотъ фактъ, что ни одна вытяжка, ни при какихъ условіяхъ разложенія, ни разу не показала даже и слѣдовъ азотистой или азотной кислоты, въ чемъ легко всегда можно было убѣждаться при примѣненіи даже такихъ чувствительныхъ реактивовъ, какъ дифениламинъ и бруцинъ.

Объяснить ли это интересное явленіе тѣмъ, что наличность большого количества органическихъ веществъ тормазила дѣятельность нитрифицирующихъ бактерій (Виноградскій) или тѣмъ, что азотисто-кислыя соли при соприкосновеніи съ амидосоединеніями, въ присутствіи CO_2, разлагались, — съ выдѣленіемъ свободнаго азота—сказать, конечно, трудно. Аналогичный вопросъ, касающійся процессовъ разложенія въ навозѣ, породилъ вокругъ себя, какъ извѣстно, обширную противорѣчивую литературу [1]).

Всѣми изложенными выше опытами и наблюденіями устанавливается, такимъ образомъ, тотъ фактъ, что уже дистиллированная вода въ состояніи вымывать изъ растительныхъ остатковъ извѣстное количество органическихъ соединеній, и что въ составъ этихъ послѣднихъ несомнѣнно

[1]) Какъ извѣстно—взгляды, высказанные въ этомъ отношеніи Виноградскимъ (и Омелянскимъ) оспариваются Müntz'омъ и Lainé. Сравнительно недавно Макриновъ (см. „Дневникъ XII Съѣзда рус. ест. и врачей", стр. 528) указалъ, что угнетающее дѣйствіе органическаго вещ. на нитрифицирующіе микробы замѣчается лишь въ жидкой средѣ, что какъ разъ и имѣло, вѣроятно, мѣсто въ нашихъ опытахъ.

входятъ вещества перегнойнаго характера [1]). Переносясь мысленно въ природу — мы можемъ уже предвидѣть, какихъ громадныхъ размѣровъ можетъ достигать въ естественныхъ условіяхъ процессъ просачиванія въ почву водно-растворимыхъ органическихъ соединеній—уже, какъ мы видѣли, при взаимодѣйствіи атмосферныхъ осадковъ съ отмирающими ежегодно тѣми или другими растительными остатками. Конечно, нарисовать себѣ эту картину во всѣхъ деталяхъ, какъ она происходитъ въ природѣ, въ настоящее время почти невозможно— слишкомъ разнообразно могутъ въ природныхъ условіяхъ комбинироваться элементы указаннаго процесса: количество отмирающей ежегодно растительной массы, ея химическій составъ и физическое строеніе, количество выпадающихъ атмосферныхъ осадковъ и время ихъ выпаденія, условія разложенія растительныхъ остатковъ и пр. и пр.—все это должно налагать свой особый отпечатокъ на условія поступленія въ почву органическихъ веществъ и на самый характеръ послѣднихъ.

Закрѣпляются ли однако эти водно-растворимыя органическія соединенія въ почвѣ, или они претерпѣваютъ въ послѣдней судьбу воды, т.-е., странствуютъ, въ зависимости отъ физическихъ свойствъ почвы и метеорологическихъ условій внизъ и вверхъ? Дѣйствительно-ли могутъ эти соединенія служить источникомъ образованія и накопленія прочныхъ, мало-подвижныхъ, перегнойныхъ веществъ почвы?

Нѣсколько выше при разсмотрѣніи соотвѣтствующей лите-

---

[1]) Для сужденія, въ частности, о растительныхъ остаткахъ, какъ объ источникахъ азотистыхъ соединеній перегноя,—необходимо считаться съ работами Henry („Revue des eaux et forêts", 1904, № 2 и 3; „Ann. de la Sc. Agron.", t. II; „Journ. d'agr. pratique", 1907, № 18—22), Momtemartini („Centralbl. für Bacteriol.", 1907, XVIII) и др., доказавшихъ, что опавшіе листья различныхъ древесныхъ породъ обладаютъ способностью усваивать атмосферный азотъ. См. также работу Froëlich'a („Centralbl. für Agrikulturchemie", 1909, s. 121).

ратуры, мы видѣли, что мои прежніе опыты [1]) (отчасти и наблюденія проф. Слёзкина) рѣшаютъ этотъ вопросъ въ положительномъ смыслѣ: въ опытахъ съ черноземной почвой, путемъ, такъ сказать, насыщенія ея указанными водно-растворимыми и легко подвижными органическими растворами, въ теченіе сравнительно небольшого промежутка времени, удалось дѣйствительно повысить содержаніе гумуса въ ней съ 6,97% до 8,08%; опыты же съ сѣрой лѣсной почвой дали еще болѣе рельефные результаты: за тотъ же промежутокъ времени (75 дней) она повысила содержаніе гумуса съ 2,83% до 5,88%. Что здѣсь мы имѣли дѣло съ образованіемъ въ почвѣ именно какого то прочнаго химическаго соединенія — доказывалось тѣмъ, что почвы эти, передъ анализомъ на гумусъ, были промыты предварительно 14 литрами воды, что исключало, такимъ образомъ, возможность предположенія о задержаніи данными почвами органическихъ соединеній лишь въ силу своихъ физическихъ свойствъ — напр., влагоемкости и т. п. Опыты же проф. Слёзкина, съ которыми мы также познакомились въ началѣ этой главы, и которые касались, какъ мы видѣли, изученія дальнѣйшей судьбы въ почвѣ просочившагося воднаго настоя растительныхъ матеріаловъ,—съ большой убѣдительностью, какъ намъ кажется, показали, что въ процессахъ закрѣпленія почвой водорастворимыхъ органическихъ соединеній — главнымъ и необходимымъ факторомъ является известь, благодаря чему органическое вещество переходитъ изъ растворимаго и отчасти коллоидальнаго состоянія въ свернутое, нерастворимое. Именно этимъ положеніемъ вполнѣ удовлетворительно разъяснялась вся та запутанная картина, которая рисовалась мнѣ въ моихъ прежнихъ опытахъ, касающихся вообще взаимодѣйствія растворимыхъ продуктовъ разложенія

---

[1]) Кравковъ „Матер. къ изученію процессовъ разложенія“ и пр., 1908, стр. 116 и 125.

растительныхъ матеріаловъ съ составными частями почвы [1]). Далѣе, опыты Hilgard'a [2]), Ramann'a [3]), Suzuki [4]) и др.; наконецъ — многочисленные, подтверждающіе указанное положеніе, факты изъ природы—все это вынуждаетъ насъ признать, что въ известковыхъ соединеніяхъ почвы мы должны видѣть, дѣйствительно, главнѣйшихъ дѣятелей по закрѣпленію въ ней притекающихъ сверху изъ отмирающихъ растительныхъ остатковъ водно-растворимыхъ формъ органическихъ соединеній.

Въ дальнѣйшихъ, излагаемыхъ ниже опытахъ—я попытался выяснить, въ общихъ чертахъ, количественную сторону даннаго вопроса, а именно рѣшить вопросъ о возможности поглощенія и закрѣпленія упомянутыхъ растворимыхъ органическихъ продуктовъ разложенія растительныхъ остатковъ различными типами почвъ. Въ этой области пришлось встрѣтиться, какъ сейчасъ увидимъ, съ нѣкоторыми, весьма любопытными, соотношеніями.

Съ цѣлью имѣть для опытовъ возможно болѣе разнообразные объекты — мною были умышленно отобраны изъ всего, весьма большого проанализированнаго въ нашей лабораторіи матеріала, такіе типы почвъ, которые, по степени выщелоченности своихъ минеральныхъ составныхъ частей, и по относительному богатству перегноемъ, — представляли какъ бы постепенный переходъ отъ типичныхъ подзоловъ къ тучнымъ черноземамъ. Въ качествѣ такихъ именно объектовъ служили — (гориз. А.):

№ 1) Супесчаный подзолъ (Петербургск. губ.)

№ 2) Подзолистая суглино-супесь. (Витебской губ.)

№ 3) Дерново-подзолистый суглинокъ, слабо-оподзолен. (Новгор. губ.).

---

[1]) l. c., напр., стр. 83—87, 109 и др.

[2]) Hilgard—„Forsch. auf dem Geb. der Agr. physik", 1892, s. 400.

[3]) Ramann—„Organog. Ablag. der jetztzeit".

[4]) Bied. Centralbl. 1908, V.

№ 4) Лѣсной сѣрый суглинокъ (Рязанск. губ.)
№ 5) Темнокоричневый лѣсной суглинокъ (Курской губ.)
№ 6) Деградированный черноземъ (суглинист.) (Тульск. губ.)
№ 7) Черноземъ суглинистый (Тульской губ.)
№ 8) Черноземъ глинистый. (Симбирск. губ.)

По сравнительному содержанію перегноя, а изъ зольныхъ соединеній—особенно извести—объекты эти, дѣйствительно, представляютъ собой довольно постепенный переходъ отъ весьма бѣднаго подзола съ 0,51% перегноя къ типу „высшему“—чернозему съ 14,21% перегноя.

Химическій валовой составъ въ % высушенной при 105° почвы (разложеніемъ 33% HF).

	Въ 100 ч. сухой почвы содержится:												
	Гумусъ	Химич.-связан. H_2O	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Mn_3O_4	SO_3	K_2O	Na_2O	P_2O_5	Остат. нер. въ кисл.
…упесчаный подз…лъ	0,51	0,47	89,81	3,81	0,61	0,08	0,11	0,07	0,01	1,06	1,15	0,01	2,30
…одзолист. сугл.-…п.	2,12	0,97	86,01	6,02	1,05	0,28	0,22	0,14	0,04	1,14	0,66	0,02	1,33
…ерново-подзол. …гл.	2,24	1,13	85,16	6,21	1,03	0,31	0,28	0,16	0,03	1,26	0,87	0,03	1,29
…ѣсной сѣр.-…гл.	3,61	0,72	83,61	6,13	1,08	0,67	0,47	0,14	0,05	1,12	0,89	0,05	1,46
Темнокоричн. …гл.	4,98	1,21	80,30	7,13	1,28	0,82	0,56	0,13	0,07	1,08	0,67	0,08	1,69
…еградиров. чер-…оз. суглин.	7,33	1,53	75,40	8,13	2,03	1,27	0,58	0,21	0,10	1,41	0,46	0,12	1,69
…ерноземъ суг-…ин.	9,89	2,48	66,11	10,89	3,11	1,92	0,81	0,33	0,17	2,17	1,01	0,17	0,94
…ерноземъ гли-…ист.	14,21	3,47	55,31	12,31	4,40	2,54	1,23	0,51	0,22	2,70	1,38	0,26	1,46

Всѣ эти почвы, предварительно просѣянныя черезъ сито въ 1 mm, были помѣщены въ количествѣ 300 gr. въ стеклянныя чашки, гдѣ и подвергались продолжительному систематическому „насыщенію“ тѣми растворами, которые получались при воз-

дѣйствiи дистиллированной воды на растительные остатки. Опыты эти были организованы слѣдующимъ образомъ.

Прежде всего, съ цѣлью получить возможно болѣе концентрированный растворъ органическихъ соединенiй, — 100 gr. размельченнаго клеверная сѣна, скошеннаго въ полномъ цвѣту, подвергались на голомъ огнѣ нагрѣванiю съ водой (взятой въ размѣрѣ $1^1/_2$ литровъ) въ теченiе около 2 часовъ. Получался въ результатѣ этой операцiи „клеверный чай" почти совершенно чернаго цвѣта. Послѣ нѣкотораго охлажденiя — растительный матерiалъ отжимался руками и вся стекающая жидкость фильтровалась черезъ твердый бумажный фильтръ. Такимъ образомъ готовились постоянно все новыя и новыя порцiи этихъ растворовъ, которыя временно хранились въ бутыляхъ, закупоренныхъ пробкой изъ ваты. Въ виду того, что расходъ на эти растворы, какъ сейчасъ увидимъ, былъ довольно большой — оперировать приходилось всегда со свѣжими, не подвергавшимися загниванiю, жидкостями.

Количество органическихъ соединенiй въ описываемыхъ растворахъ было опредѣлено (сжиганiемъ) лишь въ первой порцiи. Въ виду того, что всѣ послѣдующiя порцiи готовились съ точнымъ соблюденiемъ однихъ и тѣхъ же условiй — можно было предположить, что данныя этого перваго анализа болѣе или менѣе приложимы были и къ послѣдующимъ вытяжкамъ. Такимъ образомъ, — точный учетъ объемныхъ количествъ раствора, приводимаго въ соприкосновенiе съ почвами, указывалъ намъ одновременно и на тѣ вѣсовыя абсолютныя количества органическихъ соединенiй, которыя заключались въ этихъ объемахъ. Самая операцiя взаимодѣйствiя этихъ растворовъ съ почвами производилась слѣдующимъ, довольно кропотливымъ, образомъ. Въ упомянутыхъ выше чашкахъ та или другая почва обрабатывалась точно-опредѣленнымъ количествомъ настоя изъ сѣна, взятымъ въ такомъ объемѣ, который не доводилъ бы данную почву до полной влагоемкости (для удобства

послѣдующихъ операцій). Въ такомъ увлажненномъ состояніи почва оставалась обычно въ теченіе 2—4 сутокъ, послѣ чего она быстро высушивалась (на ящикѣ воздушной бани). Послѣ подсушиванія—описанная операція повторялась снова и т. д.

Опыты продолжались около 3 мѣсяцевъ. Черезъ опредѣленные промежутки времени бралась небольшая порція почвы (12—15 gr.) и обрабатывалась большимъ количествомъ воды (200 c. c.). По истеченіи 6 часовъ вода сливалась сифономъ [1]), а осѣвшая почва переносилась на фильтръ и затѣмъ высушивалась. Опредѣленная часть ея подвергалась анализу на гумусъ (способомъ проф. Густавсона).

Предварительная обработка водой производилась съ цѣлью отмыть отъ данной почвы всѣ тѣ органическія вещества, которыя закрѣплены были ею въ силу физическихъ явленій и не вошли съ ней въ прочное химическое соединеніе.

Результаты химическихъ анализовъ сведены въ слѣд. таблицѣ:

Образцы почвы.	Какое количество органич. вещ. было приведено въ соприкосновеніе съ почвой за все время опыта.	Количество гумуса въ % (сух. вещ.).					
		До опытовъ.	Черезъ 2 недѣли.	Черезъ 4 нед.	Черезъ 6 нед.	Черезъ 9 нед.	Черезъ 12 нед.
	gr.						
1. Супесчан. подзолъ	64,1744	0,51	0,50	0,52	0,48	0,49	0,52
2. Подзол. сугл. суп.	88,1035	2,12	2,21	2,26	2,20	2,27	2,24
3. Дерново-подзол. сугл.	74,4416	2,24	2,49	2,58	2,49	2,60	2,58
4. Лѣсн. сѣрый сугл.	94,9949	3,61	4,21	—	4,40	4,33	4,38
5. Темнокоричн. „	107,1614	4,98	6,24	6,52	6,46	6,41	6,48
6. Деградированн. черноземъ . . .	127,0134	7,33	—	7,89	8,01	7,96	7,99
7. Черноземн. сугл.	172,3477	9,89	—	10,17	10,24	10,22	10,20
8. Черноз. глинист.	211,7801	14,21	—	—	14,17	14,34	14,30

[1]) Въ опытахъ съ глинистымъ черноземомъ приходилось вытяжку непосредственно пропускать черезъ фильтръ, безъ предварительной декантаціи—въ виду большого количества не осѣдавшихъ илистыхъ частицъ.

11

Прежде чѣмъ разсматривать полученныя цифры анализовъ — необходимо отмѣтить, что параллельно искусственнымъ стремленіямъ „насытить“ ту или другую почву органическими соединеніями, шли естественнымъ путемъ въ самой почвѣ противоположные процессы, клонящіе къ уменьшенію въ ней запаса перегноя, это — процессы разложенія почвеннаго перегноя подъ вліяніемъ постояннаго увлажненія, и процессы выщелачиванія изъ почвы, принадлежащихъ ей самой, растворимыхъ формъ гумуса путемъ вышеописанныхъ водныхъ вытяжекъ.

Для точности опытовъ—слѣдовало бы, быть можетъ, учитывать эти два фактора. Но въ данномъ случаѣ этого не было сдѣлано — въ виду того, что едва ли указанные процессы могли произвести въ почвѣ существенныя измѣненія; по крайней мѣрѣ, они должны были совершенно стушеваться передъ огромнымъ количествомъ приводимыхъ въ соприкосновеніе съ почвой органическихъ соединеній извнѣ, почему едва ли могли затемнить изучаемое явленіе. Дѣйствительно,—количество органическихъ веществъ, переходящее въ водныя вытяжки изъ почвы, какъ извѣстно, всегда ничтожно. Что же касается того, какъ быстро можетъ разрушаться почвенный перегной подъ вліяніемъ благопріятныхъ условій t° и влаги, то и этотъ процессъ надо считать процессомъ весьма медлительнымъ. Въ одномъ изъ моихъ прежнихъ опытовъ [1]), имѣвшемъ цѣлью изучить какъ разъ количественную сторону обоихъ указанныхъ процессовъ, анализы показали, что черноземная, напр., почва, будучи постоянно увлажняема и подвергаема сравнительно высокой t°, а подъ конецъ опытовъ, будучи промыта весьма большимъ количествомъ воды, потеряла гумуса за 75 дней — всего 0,06%; сѣрый же лѣсной суглинокъ, въ тѣхъ же усло-

[1]) „Матеріалы къ изученію процессовъ разложенія растит. остатковъ въ почвѣ“, 1908, стр. 116 и 125.

віяхъ опыта, остался даже и безъ всякаго въ этомъ отношеніи измѣненія.

Принимая во вниманіе высказанныя соображенія, обратимся теперь къ цифрамъ вышеприведенной таблицы и попытаемся вывести, на основаніи ихъ, нѣкоторыя заключенія.

Прежде всего надо указать на то, что фактъ прочнаго закрѣпленія и поглощенія почвами притекающихъ водно-растворимыхъ органическихъ соединеній вполнѣ подтверждается описанными опытами. Но различные типы почвъ проявляютъ въ этомъ отношеніи, оказывается, совершенно различную способность и энергію. Любопытнѣй всего то, что нѣкоторыя изъ нихъ, а именно почвы, стоящія на противоположныхъ концахъ вышеприведенной таблицы, т.-е. какъ разъ наиболѣе бѣдная и наиболѣе богатая перегноемъ, повидимому, совершенно лишены способности поглощенія и закрѣпленія органическихъ веществъ. Промежуточные типы занимаютъ въ этомъ отношеніи какъ бы постепенный переходъ къ верху и къ низу. Чтобы нагляднѣй представить полученныя цифры поглощенія—выразимъ послѣднія въ видѣ слѣд. сравнительной таблицы:

	%
1. Подзолъ супесчаный приблизительно за 90 дней опыта увеличилъ %-содержаніе гумуса на	0,01
2. Подзолист. сугл.—супесь	0,12
3. Дерново-подзолист. суглин.	0,34
4. Лѣсной сѣрый суглин.	0,77
5. Темнокоричн. лѣсн. суглин.	1,50
6. Деградированный черноземъ	0,66
7. Черноземъ суглинистый	0,31
8. Черноземъ глинистый	0,09

Прежде чѣмъ такъ или иначе объяснять данные факты, обратимъ вниманіе предварительно на другую сторону вопроса, а именно: если мы будемъ слѣдить за самымъ ходомъ постепеннаго обогащенія почвъ во времени, то увидимъ, что „насыщать“ ту или другую почву органическими веществами мы

можемъ не безпредѣльно, а, что своего рода maximum этого поглощенія достигается почвой сравнительно скоро, послѣ чего дальнѣйшая прибавка органическихъ растворовъ оказывается уже безрезультатной. Короче говоря — **каждая почва имѣетъ свой такъ сказать, предѣлъ насыщенія гумусомъ**, достигнувъ котораго, она уже не въ состояніи, даже несмотря на самыя благопріятныя къ тому условія, повысить его содержаніе.

Существованіемъ именно такого **предѣла насыщенія** гумусомъ — объясняется, какъ мнѣ кажется, удовлетворительно тотъ фактъ, что почва № 8 (тучный глинистый черноземъ съ 14,21% перегноя) оказалась совершенно индифферентной къ тому весьма большому количеству органическихъ веществъ, которое поступало въ нее изъ растворовъ клевернаго сѣна. Съ этой точки зрѣнія возможно допустить, что данная почва естественнымъ путемъ уже достигла этого насыщенія и является, такимъ образомъ, со стороны содержанія перегноя, **вполнѣ уже константной единицей**[1]).

Константированнымъ же фактомъ существованія для каждаго вида почвъ своего опредѣленнаго **предѣла насыщенія** перегноемъ, — можно объяснить и другія подмѣченныя нами выше, явленія, какъ, напр., сравнительно бо̀льшую „поглотительную способность“ къ органическимъ веществамъ такихъ почвъ, которыя являются какъ бы низшими, по сравненію съ упомянутымъ черноземомъ, представителями. Почвы эти рисуются намъ съ этой стороны способными какъ бы еще расти, формироваться и накоплять въ себѣ перегнойныя вещества. И чѣмъ дальше подвигаемся мы отъ типичнаго чернозема въ сторону деградаціонныхъ реакцій — тѣмъ, какъ будто, почвы способны къ все большему поглощенію органическихъ веществъ. Цифры нашихъ анализовъ показываютъ однако, что и въ этомъ

[1]) Объ обратныхъ процессахъ „деградаціонныхъ“ — рѣчь будетъ нѣсколько ниже.



отношенія существуетъ извѣстный предѣлъ, перешагнувъ который почвы сразу начинаютъ терять способность къ поглощенію и закрѣпленію гумусовыхъ веществъ; крайній же представитель далеко зашедшихъ деградаціонныхъ процессовъ (почва № 1—подволъ) является уже совершенно не способной увеличивать въ себѣ количество перегноя—даже несмотря на существованіе благопріятныхъ къ тому условій. Съ этой точки зрѣнія и данную почву мы можемъ охарактеризовать, какъ объектъ, уже вполнѣ закончившій свое формированіе, безъ надежды превратиться въ какой-либо „высшій" типъ.

Въ частности — въ данныхъ опытахъ съ данными почвами [1])—наибольшей способностью къ поглощенію органическихъ веществъ обладаетъ, какъ мы видѣли, почва № 5 (темнокоричневый лѣсной суглинокъ). Поднимаясь выше—къ почвамъ № 4 и № 3—сѣрому лѣсному суглинку и дерново-подзолистой почвѣ—способность эта значительно падаетъ, выражаясь у почвы № 2 (подзолистый суглинокъ) уже совершенно ничтожной величиной. У подзола, наконецъ, способность эта равна почти нулю. Такое же паденіе въ энергіи поглощенія органическихъ веществъ мы констатируемъ, если будемъ итти отъ темнокоричневаго лѣсного суглинка въ обратную сторону, т.-е., приближаться къ типичному чернозему. Крайній представитель такихъ почвъ (№ 8) является почти совершенно лишеннымъ указанной способности.

Изложенными выше опытами обрисовывается, такимъ образомъ, въ общихъ чертахъ—какъ количественная сторона процессовъ поглощенія и закрѣпленія почвами водно-растворимыхъ органическихъ соединеній, такъ указывается и качественная

[1]) Конечно, выводы описываемыхъ опытовъ приложимы лишь къ даннымъ объектамъ. Изучить съ этой точки зрѣнія всѣ тѣ разнообразные виды и разновидности почвъ, которыя мы видимъ въ природѣ — является еще крайне трудной, но вмѣстѣ съ тѣмъ и въ высшей степени интересной, задачей.



разница, проявляемая въ этомъ отношеніи различными типами почвъ. Если бы мы захотѣли теперь взглянуть въ самую сущность описываемыхъ явленій и выяснить вопросъ, — какія именно составныя части почвы являются въ этомъ отношеніи главнѣйшимъ поглощающимъ факторомъ, то прямого отвѣта на поставленный вопросъ въ нашихъ опытахъ мы не найдемъ. Почвы для изслѣдованія были выбраны, какъ я объ этомъ уже говорилъ, умышленно такимъ образомъ, чтобы, по общему содержанію перегноя а также и отдѣльныхъ минеральныхъ элементовъ, представляли бы по возможности постепенный переходъ другъ въ друга. Какая именно изъ составныхъ частей всѣхъ этихъ почвъ играла наибольшую роль въ изучаемыхъ процессахъ поглощенія органическихъ соединеній — сказать, конечно, трудно; для этого слѣдовало бы изолировать каждый въ отдѣльности факторъ, подведя остальные къ одному, такъ сказать, знаменателю. Выясненіе этого важнѣйшаго вопроса могло бы представить собой предметъ особаго, спеціальнаго изслѣдованія, весьма, кстати сказать, сложнаго и труднаго. Но нельзя все-таки не отмѣтить того факта, что энергія поглотительной способности данныхъ почвъ къ органическимъ веществамъ довольно рельефно растетъ—параллельно именно увеличенію въ нихъ количествъ извести (см. табл. валового анализа этихъ почвъ). Правда, начиная съ темнокоричневаго лѣсного суглинка, поглотительная способность, несмотря на значительное повышеніе въ слѣдующихъ типахъ почвъ количествъ извести, начинаетъ тѣмъ не менѣе рѣзко же понижаться, но тутъ возможно предположить, припоминая наши соображенія о существованіи предѣла насыщенія гумусомъ, что большая часть извести въ данныхъ почвахъ является уже соединенной съ перегнойными веществами и притекающій излишекъ органическихъ растворовъ совсѣмъ не находилъ, такимъ образомъ, или находилъ слишкомъ мало, „свободныхъ“ известковыхъ соединеній. Рѣзкое повышеніе въ первоначальномъ содержаніи

гумуса, которое мы видимъ у деградированнаго чернозема, у чернозема суглинистаго и пр.—по сравненію съ упомянутымъ выше лѣснымъ суглинкомъ—подтверждаетъ высказанное предположеніе. Крайній представитъ—богатѣйшій глинистый черноземъ (№ 8), содержа большое количество извести (2,54%), является вмѣстѣ съ тѣмъ обладателемъ и огромнаго количества гумуса (14,21%), что указываетъ на возможное уже достиженіе имъ, естественнымъ путемъ, предѣла насыщенія этимъ продуктомъ; въ результатѣ—выказанная имъ полная индифферентность къ притекающимъ растворамъ органическихъ соединеній.

Перенося всѣ эти выводы въ природу — мы прежде всего можемъ до нѣкоторой степени освѣтить вопросъ о возможности, въ естественныхъ условіяхъ, явленій „реградаціи", т.-е. процессовъ обратнаго перехода бѣдныхъ перегноемъ почвъ въ типы „высшіе" [1]), — напр., лѣсныхъ суглинковъ, подзолистыхъ почвъ и пр. въ типы черноземные.

Основываясь на тѣхъ данныхъ, которыя получены были въ нашихъ опытахъ,—мы можемъ сказать, что съ точки зрѣнія принципіальной — процесы эти, вообще говоря, въ природѣ вполнѣ мыслимы. На такой именно, начинающійся метаморфозъ, въ естественныхъ условіяхъ, указываетъ въ одной изъ своихъ работъ, между прочимъ, Н. И. Прохоровъ [2]). Однако, указанныя „реградаціонныя" явленія въ природѣ мы должны считать на основаніи вышеописанныхъ опытовъ, ограниченными лишь извѣстными, во всякомъ случаѣ — узкими рамками. Даже въ нашемъ случаѣ, несмотря на наличность, можно сказать, optim'альныхъ условій для поглощенія органическихъ веществъ, когда почвамъ предоставлялось въ распоря-

[1]) Упомянутый процессъ „реградаціи"—надо понимать, конечно, значительно шире. Но въ данномъ случаѣ насъ интересуетъ пока лишь одна сторона этого процесса—возможность обогащенія почвы именно гумусомъ.

[2]) См. „Почвовѣдѣніе", 1906 г.

женіе огромное количество послѣднихъ (чего въ природѣ, конечно, наблюдаться не можетъ),—даже и въ этихъ условіяхъ—подзолъ, напр., оказался совершенно не способнымъ къ указаннымъ „реградаціоннымъ" реакціямъ; что же касается другихъ, близкихъ къ нему типовъ почвъ, какъ-то: подзолистой суглино-супеси, дерново-подзолистаго суглинка и пр., то проявленіе у нихъ способности къ „реградаціи" сказывалась слишкомъ слабо. Только у тѣхъ почвенныхъ типовъ, которые находятся въ значительно болѣе близкомъ генетическомъ родствѣ съ черноземомъ (напр. — у деградированнаго чернозема, темнаго лѣсного суглинка), мы можемъ наблюдать довольно рѣзко-выраженную способность къ описываемымъ процессамъ.

Такимъ образомъ, если мысленно представить себѣ какую-нибудь почву, богатую перегноемъ и минеральными веществами (напр., черноземъ), находящуюся, подъ вліяніемъ тѣхъ или другихъ естественно-историческихъ условій, на пути къ обѣднѣнію, деградаціи,—то обратные, „реградаціонные" процессы въ ней вполнѣ возможны (при измѣненіи окружающихъ условій), но только до тѣхъ поръ, пока данная почва, на пути своего обѣднѣнія, не перешагнула извѣстнаго предѣла, послѣ котораго возвратъ къ первоначальному типу является уже невозможнымъ. Задача будущихъ изслѣдованій — болѣе точно опредѣлить эти границы для различныхъ типовъ почвъ.

Установленный описанными выше опытами фактъ существованія для каждаго типа почвъ своего предѣла насыщенія гумусовыми веществами—также даетъ намъ возможность освѣтить нѣкоторыя стороны процессовъ почвообразованія. Этимъ именно фактомъ можно до нѣкоторой степени удовлетворительно объяснить, напр., явленіе извѣстной константности въ содержаніи нѣкоторыми почвами своего перегноя, которую мы наблюдаемъ въ нихъ изъ года въ годъ—несмотря на цѣлый рядъ такихъ сельско-хозяйственныхъ операцій, которыя стремятся именно къ разрушенію въ нихъ перегноя—

путемъ, напр., тѣхъ или иныхъ способовъ механической обработки и т. п. Въ этомъ случаѣ можно предположить, что часть разложившихся перегнойныхъ соединеній снова возобновляется въ почвѣ, притомъ—на счетъ тѣхъ, всегда имѣющихся въ ней, органическихъ растворовъ, которые постоянно поступаютъ въ данную почву изъ отмершихъ стеблей, корней и другихъ частей культурныхъ или дикихъ растеній; при этомъ указанное возобновленіе идетъ снова всегда лишь до опредѣленнаго предѣла. Вѣроятно, этими же соображеніями надо объяснить себѣ и тотъ фактъ, что, напр., степной черноземъ Екатеринославской губерніи, испытывая на себѣ болѣе, чѣмъ 60-лѣтнее вліяніе искусственно-насажденнаго лѣса (Велико-Анадольскаго), тѣмъ не менѣе нисколько не уменьшилъ содержанія въ себѣ гумуса, какъ въ томъ пришлось мнѣ убѣдиться на основаніи многочисленныхъ сравнительныхъ анализовъ почвъ изъ подъ лѣса и съ сосѣдней степи. Само собой разумѣется, что указанное равновѣсіе немедленно можетъ нарушиться въ почвѣ, лишь только измѣнятся коренным образомъ окружающія естественно-историческія условія; такъ, измѣненіе, напр., климатическихъ условій, можетъ повернуть самый характеръ разложенія растительныхъ остатковъ и перегноя, какъ извѣстно, совершенно въ другую сторону; результатомъ такого измѣнившагося характера разложенія могутъ явиться, напр., кислотные продукты, которые растворятъ и выщелочатъ часть извести и другихъ основаній и т. д. Въ этомъ случаѣ, типъ почвообразованія будетъ въ корнѣ измѣненъ, а съ нимъ вмѣстѣ измѣнятся и условія поглощенія и закрѣпленія данной почвой перегнойныхъ соединеній.

Указаннымъ же фактомъ существованія предѣла насыщенія гумусомъ, можно объяснить себѣ и другой, противоположный упомянутому выше, случай изъ сельско-хозяйственной практики,—это когда даже усиленное унаваживаніе нѣкоторыхъ почвъ или запахиваніе въ послѣднія растительныхъ

массъ въ видѣ зеленаго удобренія—очень часто совершенно не отражается на увеличеніи въ нихъ количествъ перегноя. Анализъ многихъ черноземныхъ образцовъ, взятыхъ изъ подъ коноплянниковъ (Курской губ.), произведенный въ нашей лабораторіи—показалъ, что, несмотря на долголѣтнее усиленное унаваживаніе такихъ участковъ, % тумуса въ нихъ оказывался почти безъ измѣненія,—конечно, при условіи самаго тщательнаго при анализѣ отбора неперегнившихъ остатковъ соломы, обрывковъ корней и т. п. Въ этомъ случаѣ можно было считать, что мы имѣли дѣло съ почвами, насыщенными органическими веществами до присущаго имъ предѣла.

Изложенными въ настоящей главѣ наблюденіями и опытами мы хотѣли выяснить, въ общихъ чертахъ, роль растительныхъ мертвыхъ остатковъ, въ качествѣ источниковъ гумусообразованія въ почвѣ. Въ слѣдующей главѣ мы разсмотримъ эти объекты, въ качествѣ источниковъ удобоподвижныхъ зольныхъ элементовъ въ почвѣ.

ГЛАВА III.

Растительные остатки, какъ источникъ въ почвѣ водно-растворимыхъ соединеній зольнаго характера.

Вліяніе различныхъ температуръ на процессы минерализаціи растительныхъ остатковъ (опыты съ листьями клена).—Спеціальные опыты съ очень высокой и очень низкой t° (опыты съ березовыми листьями). Вліяніе на процессы отщепленія водно-растворимыхъ минеральныхъ соединеній—попеременнаго замораживанія и оттаиванія разлагающихся растительныхъ остатковъ. — Вліяніе различной степени увлажненія на процессы минерализаціи (опыты съ листьями клена).—Вліяніе на эти процессы хлороформа (опыты съ клеверныхъ сѣномъ).—Вліяніе различныхъ сочетаній t° и влажности на процессы минерализаціи растительныхъ остатковъ (опыты съ березовыми листьями и со степнымъ сѣномъ).

Атмосферная вода, при первомъ своемъ соприкосновеніи съ отмершими растительными остатками, выщелачиваетъ изъ послѣднихъ не только цѣлый рядъ органическихъ соединеній, какъ то мы видѣли въ предыдущей главѣ, но несетъ въ растворъ и самые разнообразные минеральные продукты. И тѣ и другіе, въ виду своей легкой растворимости и удобоподвижности, принимаютъ во всѣхъ жизненныхъ отправленіяхъ почвы, конечно, самое дѣятельное участіе.

Когда у насъ шла рѣчь о растительныхъ остаткахъ, какъ объ источникѣ органическихъ соединеній въ почвѣ, то мы въ правѣ были говорить именно объ обогащеніи послѣдней этими веществами: органическія соединенія синтезируются зеленымъ растеніемъ вновь, и это послѣднее, послѣ своего от-

миранія, является, такимъ образомъ, источникомъ, дѣйствительно, совершенно новыхъ для почвы продуктовъ. Что касается соединеній зольнаго характера, то дѣло обстоитъ здѣсь, конечно, нѣсколько иначе. Упомянутыя соединенія воспринимаются растительнымъ организмомъ изъ почвы-же, количество ихъ, въ силу этого, въ почвѣ уменьшается, и только послѣ смерти растенія, позаимствованныя послѣднимъ минеральныя соединенія возвращаются, и то лишь въ извѣстной своей части, обратно въ почву. Такимъ образомъ, при изученіи тѣхъ сложныхъ взаимоотношеній, которыя существуютъ между растительнымъ организмомъ и минеральными веществами почвы, казалось бы, рѣчь можетъ итти только объ истощеніи послѣдней этими веществами. Съ точки зрѣнія суммарнаго количественнаго баланса минеральныхъ соединеній въ почвѣ, конечно, это такъ. Но если бы мы обратили вниманіе на качественную сторону дѣла, то встрѣтились бы съ цѣлымъ рядомъ фактовъ, свидѣтельствующихъ, наоборотъ, объ увеличеніи въ почвѣ, при произрастаніи на ней растеній, подвижныхъ, удобоусвояемыхъ формъ минеральныхъ соединеній, и въ этомъ случаѣ мы также могли бы говорить объ обогащеніи (качественномъ) почвы минеральными продуктами. Укажемъ, напр., на такіе факты, какъ переведеніе кислотными выдѣленіями растительныхъ корней трудно-растворимыхъ зольныхъ соединеній почвы въ свое тѣло и возвращеніе ихъ обратно въ почву, послѣ своего отмиранія,—въ видѣ уже легко растворимыхъ даже въ водѣ продуктовъ, или вспомнимъ возможность извлеченія длиннокорными растеніями минеральныхъ веществъ изъ глубокихъ горизонтовъ почвы и послѣдующее скопленіе ихъ въ болѣе верхнихъ и пр. и пр., все это такіе процессы, которые могутъ повлечь за собой увеличеніе въ почвенныхъ горизонтахъ удобоподвижныхъ минеральныхъ соединеній, а вмѣстѣ съ тѣмъ и болѣе интенсивный ходъ всѣхъ почвенныхъ реакцій.

Въ наши задачи не входитъ разсмотрѣніе вопроса объ истощеніи почвы, производимомъ тѣми или другими растеніями. На основаніи химическаго состава золы растеній — эта сторона дѣла является болѣе или менѣе выясненной и мы можемъ въ настоящее время отвѣтить даже на такіе, напр., вопросы, въ какомъ количествѣ того или другого зольнаго элемента нуждается то или другое растеніе для нормальнаго своего развитія и т. под. Насъ интересуетъ въ данный моментъ совершенно другой вопросъ, а именно: выясненіе процесса обратнаго отщепленія зольныхъ элементовъ изъ отмершаго растительнаго организма и обратнаго поступленія ихъ въ почву, принимая во вниманіе различныя условія и различныя стадіи разложенности растительнаго объекта. И какъ при изученіи органическихъ соединеній, отщепляющихся изъ разлагающихся растительныхъ остатковъ, насъ интересовали, главнымъ образомъ, тѣ изъ нихъ, которыя являются легко-растворимыми въ водѣ, такъ и въ данномъ случаѣ, мы обратимъ вниманіе исключительно лишь на водно-растворимые минерализованные продукты разложенія растительныхъ остатковъ.

Несмотря на то, что упомянутые продукты представляютъ собой самое обычное и естественное явленіе въ природѣ — всюду, гдѣ есть растительность и достаточное количество атмосферныхъ осадковъ, и что, по своей легкой подвижности, они должны считаться однимъ изъ важнѣйшихъ естественныхъ факторовъ почвообразованія, а по своей легкой удобоусвояемости призваны играть главную роль въ питаніи растеній — необходимо тѣмъ не менѣе указать, что продукты эти являются до настоящаго времени крайне мало изученными.

При изученіи процессовъ разложенія органическихъ остатковъ исключительное, можно сказать, вниманіе обращалось лишь на конечные газообразные продукты (главнымъ образомъ — CO_2), и на основаніи количественнаго учета ихъ — со-

ставлялось понятіе о ходѣ и характерѣ этого распада. Между тѣмъ — непосредственное изученіе отщепляющихся при этомъ процессѣ минеральныхъ продуктовъ, ни съ количественной, ни даже съ качественной стороны, почти не затрагивалось. Имѣющіяся же (весьма немногочисленныя) работы, касающіяся изученія вообще водно растворимыхъ минеральныхъ продуктовъ, трактуютъ почти исключительно лишь о растворяющемъ дѣйствіи воды на свѣжіе, неподвергавшіеся разложенію, растительные остатки. Литература всѣхъ такихъ изслѣдованій сведена въ моей прежней работѣ [1]). Что же касается изученія тѣхъ растворимыхъ въ водѣ зольныхъ соединеній, которыя отщепляются изъ разлагающагося при различныхъ условіяхъ матеріала, то свѣдѣнія наши объ этихъ процессахъ болѣе чѣмъ скудны. Это обстоятельство и побудило меня нѣсколько лѣтъ тому назадъ,—подвергнуть указанные продукты болѣе подробному и систематическому изученію. Часть полученныхъ мною результатовъ уже опубликована въ цитированной выше работѣ. Прежде чѣмъ начать теперь изложеніе новыхъ добытыхъ въ этой области данныхъ—я въ самыхъ краткихъ словахъ сообщу предварительно главнѣйшіе выводы моихъ предъидущихъ работъ, такъ какъ они послужатъ исходнымъ пунктомъ и для всего послѣдующаго изложенія.

Не останавливаясь на тѣхъ опытахъ, которые произведены были мною съ цѣлью выяснить силу растворяющаго дѣйствія воды на различные свѣжіе растительные матеріалы (о нихъ нѣсколько словъ сказано было въ предыдущей главѣ), мы прямо перейдемъ къ тѣмъ даннымъ, которыя получены были въ опытахъ съ разлагающимися объектами.

Во-1-хъ, изучая количество отщепляющихся минеральныхъ продуктовъ въ опредѣленные промежутки времени изъ различныхъ растительныхъ матеріаловъ,—удалось, прежде всего, составить

---

[1]) „Матер. къ изуч. процессовъ разложенія“ и пр. стр. 15 и слѣд.

себѣ извѣстное понятіе о сравнительной быстротѣ процессовъ разложенія у различныхъ объектовъ. Такъ, оказалось, что у корней (ячменя) процессъ этотъ протекаетъ съ такой быстротой и энергіей, что уже спустя 3 мѣсяца отъ начала разложенія элементы золы оказывались вымытыми водой почти нацѣло; такъ, напр.:

SiO_2 перешло въ растворъ спустя 3 м. отъ нач. опыт.	до 70%	отъ	первонач.	кол.
K_2O	свыше 90 „	„	„	„
P_2O_5	до 70 „	„	„	„
Fe_2O_3	„ 80 „	„	„	„
SO_3	„ 82 „	„	„	„

и т. д.

Болѣе стойкой оказалась листва дуба. Приблизительно такія же количества зольныхъ элементовъ стали переходить въ растворъ изъ этого объекта—лишь спустя $11^1/_2$ мѣсяцевъ разложенія его; степное сѣно минерализовалось еще болѣе медленнымъ темпомъ и, наконецъ, хвоя сосны показала въ этомъ отношеніи исключительную стойкость: даже спустя 20 мѣс. отъ начала опыта — процессы минерализаціи можно было считать въ этомъ матеріалѣ далеко еще не законченными.

То разнообразіе въ быстротѣ и характерѣ отщепленія водно-растворимыхъ минеральныхъ соединеній, которое пришлось наблюдать у различныхъ растительныхъ объектовъ при ихъ разложеніи,—обязываетъ насъ, при характеристикѣ ихъ въ качествѣ источниковъ обогащенія почвы легкоусвояемыми минеральными веществами, принимать во вниманіе не только внѣшнія условія разложенія (t° окружающей среды, влажность, притокъ воздуха и пр.), и не только количество отмирающей въ данномъ районѣ растительности, но и способность послѣдней къ разлагаемости вообще, обусловливаемую свойствами ея строенія, состава и т. п. Съ этой точки зрѣнія, напр., корневую систему растеній, вѣроятно, надо считать наиболѣе

подвижнымъ и богатымъ [1]) источникомъ въ почвѣ легко-растворимыхъ, а, слѣдовательно, и удобоусвояемыхъ для растеній, соединеній; хвою различныхъ хвойныхъ породъ, наоборотъ, надо, вѣроятно, считать въ этомъ отношеніи наиболѣ инертнымъ матеріаломъ, что въ свою очередь, конечно, нельзя не принимать во вниманіе при изученіи, напр., условій накопленія и обогащенія почвъ изъ-подъ хвойныхъ лѣсовъ легко-растворимыми минеральными соединеніями и т. д.

Во-2-хъ, изучая далѣе послѣдовательность отщепленія растворимыхъ минеральныхъ продуктовъ у различныхъ растительныхъ матеріаловъ при процессахъ ихъ разложенія,—удалось подмѣтить слѣдующія, болѣе или менѣе общія, для всѣхъ взятыхъ объектовъ, явленія: a) быструю и энергичную отдачу водѣ разлагающейся массой своихъ щелочно-земельныхъ основаній, при чемъ послѣднія часто оказывались вымытыми почти нацѣло — въ первыя же стадіи процесса разложенія растительныхъ остатковъ. По мѣрѣ однако развитія процессовъ распада послѣднихъ — упомянутыя соединенія снова закрѣплялись какимъ то образомъ при разлагающемся матеріалѣ, и тогда въ водныхъ вытяжкахъ приходилось констатировать весьма небольшія сравнительно количества ихъ. Послѣднее явленіе я объяснялъ постепеннымъ образованіемъ въ разлагающемся матеріалѣ нерастворимыхъ перегнойно-известковыхъ соединеній; b) въ большихъ же количествахъ шли въ растворъ изъ разлагающейся массы также полуторные окислы, Na_2O, SO_3, отчасти SiO_2. Что касается P_2O_5 и отчасти K_2O, то хотя и эти соединенія отщеплялись отъ органической массы въ первыя же стадіи разложенія ея въ довольно крупныхъ количествахъ, но въ дальнѣйшемъ замѣчалось довольно, такъ сказать, скупое поступленіе ихъ въ водный растворъ и сравнительно болѣе долгое закрѣпленіе ихъ при разлагающемся ма-

[1]) Анализы показали въ золѣ корневой системы весьма высокое содержаніе всѣхъ элементовъ.

теріалѣ; c) указанная послѣдовательность отщепленія минерализованныхъ продуктовъ, довольно правильно наблюдавшаяся нами въ опытахъ съ различными растительными объектами,— должна считаться однако таковой лишь въ томъ случаѣ, когда растворимые въ водѣ продукты разложенія органическихъ остатковъ остаются при разлагающемся матеріалѣ, и не выходятъ изъ сферы взаимодѣйствія другъ съ другомъ. Въ тѣхъ же случаяхъ, когда упомянутые продукты систематически удаляются изъ разлагающагося матеріала и выходятъ изъ сферы взаимодѣйствія другъ съ другомъ,—тогда получается, какъ показали наши опыты, совершенно другая картина: разлагающаяся масса, обѣднѣнная въ первыя же стадіи переживаемаго процесса основаніями (главнымъ образомъ, какъ мы видѣли, щелочноземельными), начинаетъ накоплять въ себѣ въ большихъ количествахъ продукты кислотнаго характера. Дальнѣйшій ходъ нормальнаго разложенія растительныхъ остатковъ, въ силу этого, начинаетъ итти угнетеннымъ темпомъ, что и обусловливаетъ въ своемъ конечномъ результатѣ, сравнительно меньшее количество идущихъ въ растворъ минеральныхъ продуктовъ.

Въ-3-хъ, изслѣдуя дальнѣйшую судьбу, претерпѣваемую водно-растворимыми минеральными продуктами при поступленіи послѣднихъ въ почву, и задавшись при этомъ прежде всего цѣлью ознакомиться съ количественной стороной вопроса о поглощеніи и закрѣпленіи почвами вмываемыхъ въ нее вышеупомянутыхъ продуктовъ,—мною были организованы съ черноземной почвой и съ сѣрымъ лѣснымъ суглинкомъ соотвѣтствующіе опыты (постановка ихъ описана вкратцѣ на стр. 105 настоящей работы), которые и показали возможность прочнаго закрѣпленія и поглощенія этими почвами всѣхъ элементовъ, входящихъ въ составъ воднорастворимыхъ минеральныхъ продуктовъ разложенія растительныхъ объектовъ. Такъ, черноземной почвой было поглощено изъ притекающихъ въ него

растворовъ (полученныхъ при промываніи водой разлагающихся осиновыхъ листьевъ):

	%
SiO_2	2,42
K_2O	15,86
Na_2O	18,69
CaO	54,89
MgO	35,42
P_2O_5	25,53
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	92,11
Mn_3O_4	1,64
SO_3	61,70

Изъ того-же раствора — сѣрой лѣсной почвой было поглощено:

	%
SiO_2	0,62
K_2O	13,11
Na_2O	9,74
CaO	38,85
MgO	29,02
P_2O_5	20,16
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	48,78
Mn_3O_4	1,43
SO_3	49,20

А такъ какъ одновременно съ поглощеніемъ минеральныхъ соединеній была констатирована въ описываемыхъ опытахъ способность тѣхъ же почвъ закрѣплять въ себѣ и извѣстныя количества органическихъ соединеній, отщепляющихся отъ разлагающихся растительныхъ остатковъ, то мнѣ казалось тогда возможнымъ говорить вообще о вѣроятности въ природѣ случаевъ „реградаціонныхъ" процессовъ [1]).

Вотъ тѣ главнѣйшіе выводы, къ которымъ привели меня мои прежнія работы — въ области изученія растительныхъ остатковъ, какъ источника воднорастворимыхъ зольныхъ соединеній.

Изложенная работа имѣла своею задачей намѣтить лишь общую схему изучаемыхъ явленій. Вотъ почему условія, при

[1]) Въ предыдущей главѣ процессамъ этимъ дано, какъ мы видѣли, болѣе полное освѣщеніе.

которыхъ разлагались тѣ или другіе растительные объекты, не подвергались при этомъ учету. Упомянутые выше объекты за все время опытовъ, правда, поддерживались во влажномъ состояніи, но увлажненіе это производилось нерегулярно, лишь по мѣрѣ подсыханія матеріала, а, главное, — степень увлажненія послѣдняго оставалась въ точности неизвѣстной. Также не подвергалась точному учету и t° окружающаго воздуха. Между тѣмъ различные растительные объекты, въ силу своихъ физическихъ свойствъ и химическаго состава, реагируютъ на одну и ту же влажность или на t° — совершенно различнымъ образомъ (см. объ этомъ I-ую главу), и безъ точнаго учета тѣхъ окружающихъ условій, въ которыхъ протекаютъ процессы разложенія органическихъ остатковъ — нельзя, конечно, получить цѣльной и детальной картины происходящихъ при этихъ процессахъ явленій минерализаціи.

Какъ извѣстно, вліяніе каждаго въ отдѣльности фактора (t°, влаги, *O* воздуха и пр.) и ихъ комбинацій на энергію процессовъ разложенія органическихъ остатковъ по выдѣляющейся при этихъ процессахъ углекислотѣ, изучено подробнѣйшимъ образомъ [1]).

Значительно болѣе интереснымъ и важнымъ представляется мнѣ подвергнуть изученію вліяніе тѣхъ же факторовъ на энергію и характеръ процессовъ отщепленія изъ разлагающейся массы водно-растворимыхъ минеральныхъ продуктовъ. Вопросъ этотъ является до настоящаго времени почти не затронутымъ.

Въ видахъ систематическаго изученія этой интереснѣйшей области, въ нашей лабораторіи предпринятъ рядъ соотвѣтствующихъ работъ какъ мною самимъ, такъ и моими уче-

---

[1]) См. напр., монографію Wollny „Die Zersetzung der Organisch. Stoffe und die Humusbildungen"... etc 1897; Костычевъ—Почвы черноземн. Области Россіи ч. I, 1886, и мн. др.



никами-сотрудниками. Къ изложенію этихъ работъ я сейчас и перехожу.

Г) Вліяніе различной температуры на процессы минерализаціи растительныхъ остатковъ.

(студ. Петровъ).

Для опытовъ служили листья клена, собранные въ среднихъ числахъ сентября непосредственно съ дерева (изъ Ботанич. Сада С.-Петербургскаго Университета). Матеріалъ былъ высушенъ при комнатной t° и слегка растертъ руками, для полученія болѣе однородной массы. Въ три объемистыхъ стеклянныхъ сосуда помѣщено было по 150 gr. воздушно-сухихъ листьевъ. Влажность ихъ за все время опытовъ поддерживалась равной половинѣ влагоемкости этого матеріала (влагоемкость эта = 484%). Сосудъ № I былъ помѣщенъ въ термостатъ, гдѣ t° поддерживалась все время около 37°—38° С. Сосудъ № II помѣщался въ аудиторіи Агрономическаго кабинета, гдѣ t° воздуха колебалась отъ 15° до 19° С. Наконецъ, сосудъ № III помѣщался между оконными рамами, гдѣ колебанія t° были, правда, наиболѣе значительны, но большую часть времени послѣдняя держалась все-таки на уровнѣ (—2°) + 6° С. По истеченіи опредѣленнаго промежутка времени, растительные матеріалы обрабатывались 20-ти кратнымъ количествомъ дистилированной воды, (въ теченіе 8 мин.) фильтровались быстро черезъ плотную марлю, послѣ чего водная вытяжка поступала въ глиняные фильтры Шамберлана. Опредѣленный объемъ ея выпаривался до суха, высушивался и подвергался медленному и осторожному сжиганію. Въ золѣ опредѣлялись элементы обычными методами анализа.

Переходимъ къ полученнымъ результатамъ.

	%
Количество золы въ листьяхъ клена	7,86

Содержаніе въ золѣ важнѣйшихъ соединеній слѣд.:

	%
SiO_2	19,54
$(Al_2O_3 + Fe_2O_3)$	10,12
CaO	23,44 [1])
MgO	4,91
P_2O_5	10,44
K_2O	11,64

Изъ свѣжихъ, неподвергавшихся разложенію листьевъ, дистиллированная вода (взятая въ 20-ти кратномъ количествѣ) извлекла:

	%
SiO_2	0,509
$(Al_2O_3 + Fe_2O_3)$	1,305
CaO	2,135
MgO	1,271
P_2O_5	4.751
K_2O	5,264 [2])

Изъ каждаго сосуда получены были 4 вытяжки (3 изъ нихъ черезъ 15 дней другъ за другомъ, послѣдняя спустя 20 дней).

Результаты анализовъ стекающихъ жидкостей сведены въ слѣдующихъ таблицахъ:

---

[1]) Какъ извѣстно, ко времени листопада (когда часть составныхъ частей изъ листьевъ уходитъ въ стволъ, а содержаніе другихъ, наоборотъ, процентно повышается) замѣчается довольно значительное повышеніе, въ частности, % *CaO*. (См., напр., Wolff „Aschen-Analysen von landw. Producten",... etc, 1871., s. 158). Приведенный выше анализъ, показавшій такой сравнительно невысокій % *CaO*, указываетъ, что описанный процессъ во взятыхъ для опыта листьяхъ далеко не закончился.

[2]) Какъ видимъ, объектъ этотъ, будучи въ свѣжемъ состояніи, отдаетъ водѣ слишкомъ малыя количества своихъ вольныхъ соединеній (ср. данныя Ramann'a, Schröder'a и мои, полученныя по отношенію къ листьямъ другихъ древесныхъ породъ). Это обстоятельство уже предрѣшаетъ вопросъ о малой вообще разлагаемости даннаго объекта (всп. зависимость, установленную нашими прежними опытами по отношенію къ этимъ двумъ величинамъ).

Сосудъ I ($T^\circ = 36^\circ - 38^\circ$ C.).

	Перешло въ водный растворъ въ %.					
	SiO_2	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O
Изъ листьевъ клёна разлагавш. въ теченіе 15 дней.	2,49	5,09	5,86	18,87	22,46	?
Еще черезъ 15 дней перешло въ растворъ	2,49	2,55	3,69	12,26	8,42	29,25
Еще черезъ 15 дней перешло въ растворъ	3,54	1,03	3,09	4,12	3,68	14,89
Еще черезъ 20 дней перешло въ растворъ	2,14	1,10	3,14	7,17	1,34	10,25
Всего за 65 дней опыта .	10,66	9,77	15,78	42,42	35,90	?

Сосудъ II ($T^\circ = 15^\circ - 19^\circ$ C.).

	Перешло въ водный растворъ въ %.					
	SiO_2	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O
Изъ листьевъ, разлагавшихся въ теченіе 15 дней .	2,47	5,52	5,42	20,49	41,77	38,59
Еще черезъ 15 дней перешло въ растворъ	1,72	1,76	3,03	9,21	16,05	23,13
Еще черезъ 15 дней перешло въ растворъ.	2,41	0,76	2,73	4,12	7,05	14,90
Еще черезъ 20 дней перешло въ растворъ	2,16	1,00	3,09	6,21	2,50	7,96
Всего за 65 дней опыта. .	8,76	9,04	14,27	40,03	67,37	84,58

Сосудъ III [($T^\circ = (-2^\circ) - (+6^\circ$ C.)].

	Перешло въ водный растворъ въ %.					
	SiO_2	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O
Изъ листьевъ разлагавшихся въ теченіе 15 дней. .	1,51	3,77	2,60	11,90	36,39	31,74
Еще черезъ 15 дней перешло въ растворъ	1,33	1,26	2,73	9,10	18,85	18,98
Еще черезъ 15 дней перешло въ растворъ	0,81	0,50	1,57	0,97	8,11	2,41
Еще черезъ 20 дней перешло въ растворъ	1,17	1,26	0,86	8,75	5,15	5,50
Всего за 65 дней опыта. .	4,82	6,79	7,76	30,72	67,50	58,63

Разсматривая цифры этихъ анализовъ, мы находимъ возможнымъ сдѣлать на основаніи ихъ слѣдующія обобщенія:

1) Вліяніе температуры на процессы минерализаціи растительныхъ остатковъ сказывается въ описанныхъ опытахъ весьма рельефно. Оставляя пока въ сторонѣ P_2O_5, какъ давшую совершенно неожиданные результаты, мы можемъ по отношенію ко всѣмъ другимъ соединеніямъ подмѣтить то общее для всѣхъ нихъ явленіе, что по мѣрѣ повышенія t° количество отщепляющихся зольныхъ веществъ увеличивается. Наиболѣе рѣзко это видно, если мы будемъ сравнивать между собою общія суммы перешедшихъ въ растворъ упомянутыхъ соединеній за всѣ 65 дней опыта. Но та же самая тенденція замѣчается—правда, не столь наглядно—и при сравненіи соотвѣтствующихъ цифръ по отдѣльнымъ періодамъ наблюденій. Указанная закономѣрность касается, какъ я уже сказалъ, всѣхъ зольныхъ соединеній (кромѣ P_2O_5). Что касается, въ частности, K_2O, то, хотя общая сумма его, перешедшая въ водный растворъ изъ сосуда № I остается, въ сущности говоря, неизвѣстной (такъ какъ въ первой вытяжкѣ, полученной спустя 15 дней отъ начала опыта—K_2O случайно не былъ опредѣленъ), тѣмъ не менѣе, сравнивая цифры по отдѣльнымъ періодамъ, мы подмѣчаемъ ту же особенность, а именно, меньшую выщелачиваемость этого соединенія по мѣрѣ паденія t°, откуда съ большой долей вѣроятности можемъ заключить (по аналогіи съ другими элементами) и о соотвѣтствующемъ уменьшеніи при этомъ также и общаго количества его, перешедшаго въ водный растворъ за всѣ 65 дней наблюденія.

2) Фосфорная кислота даетъ въ этомъ отношеніи совершенно обратную зависимость: чѣмъ въ лучшихъ температурныхъ условіяхъ находится разлагающійся матеріалъ, тѣмъ меньшее количество P_2O_5 отщепляется отъ послѣдняго. Если при optim'альныхъ условіяхъ t° перешло въ водный растворъ за 65 дней разложенія 35,90% P_2O_5,

то при 15°—19° С.—почти вдвое больше, а именно 67,37%. Такое же приблизительно количество перешло въ водный растворъ фосфорной кислоты и изъ матеріала, разлагавшагося при еще болѣе низкой t° (67,50%). Это неожиданное явленіе подтверждается и при сравненіи соотвѣтствующихъ цифръ во всѣхъ сосудахъ по отдѣльнымъ періодамъ.

Фактъ закрѣпленія фосфорной кислоты при разлагающемся матеріалѣ, наблюдаемый при optim'альныхъ внѣшнихъ условіяхъ этого разложенія, находитъ себѣ объясненіе, какъ мнѣ кажется, отчасти въ образованіи при этомъ различныхъ нерастворимыхъ органо-минеральныхъ соединеній, въ составъ которыхъ входитъ P_2O_5, отчасти и въ образованіи при этомъ процессѣ нерастворимыхъ солей извести и желѣза; но **главную роль играли здѣсь, вѣроятно, біологическіе факторы:** optim'альныя условія увлажненія и t° способствовали появленію на разлагающейся массѣ богатѣйшей микроскопической флоры, которая и закрѣпила отщепляющуюся P_2O_5 въ своемъ тѣлѣ, въ формѣ сложныхъ неуклеиновыхъ соединеній [1]).

---

[1]) Присутствіе сложныхъ фосфорно-органическихъ соединеній не только въ растительномъ царствѣ, но и въ почвѣ, надо считать въ настоящее время прочно установленнымъ. *K. Aso* („Bull. of the College of Agric. Tokyo", T. VI), нашелъ въ одной почвѣ большую часть принадлежащей ей P_2O_5—именно въ формѣ нуклеиновыхъ веществъ. Dumont („Comptes Rendus", 1906, T. 143), доказываетъ своими анализами присутствіе въ почвѣ фосфорно-гуминовыхъ соединеній, какъ продуктъ разложенія растительныхъ остатковъ, богатыхъ нуклеиномъ и лецитиномъ.

Въ 1894 г. проф. Палладинымъ („Zeitschr. für Biologie", s. 199) открыта въ растительномъ царствѣ особая форма органическаго фосфора—„фитинъ" (= ангидро-окси-метиленъ-дифосфорнокислый *Ca* и *Mg*), являющаяся какъ бы промежуточной формой между нѣкоторыми соединеніями органической и неорганической природы. Присутствіе фитина также и въ почвѣ, едва ли можетъ быть подвергнуто сомнѣнію. См. также работу Winterstein'a („Zeitschr. für Physik. Chemie", XXII).

Въ только что вышедшей своей работѣ Stoclasa („Centralbl. für Bakteriologie", 1911, II Abt. №№ 15—19), доказываетъ цифровыми данными присутствіе въ растительномъ царствѣ и въ почвѣ значительнаго количества фосфатидовъ.

Предположеніе это находитъ себѣ полное подтвержденіе въ опытахъ съ клеверным сѣномъ студ. Н. Розова, о которыхъ подробнѣй рѣчь будетъ впереди. Пока укажу лишь, что изъ клевернаго сѣна, находившагося также въ optim'альныхъ условіяхъ разложенія, дистиллированная вода при этихъ опытахъ выщелочила 10,53% P_2O_5 (спустя 56 дней отъ начала разложенія), между тѣмъ—изъ такого же количества того же объекта, но находившагося все время въ соприкосновеніи съ хлороформомъ, въ водный растворъ, спустя также 56 дней, перешло уже 87,42% P_2O_5! [1])

Указанный фактъ лишній разъ подчеркиваетъ намъ, какія неполныя и часто ошибочныя заключенія можемъ мы дѣлать въ области изученія процессовъ распада органическаго вещества, основываясь на измѣреніи лишь количествъ CO_2, выдѣляющихся при этихъ процессахъ: самый распадъ можетъ, напр., при благопріятныхъ внѣшнихъ условіяхъ, итти энергичнымъ

[1]) И наблюдавшійся въ моихъ прежнихъ опытахъ фактъ, сравнительно долгаго закрѣпленія P_2O_5 при разлагающемся матеріалѣ объясняется, вѣроятно, тѣмъ, что опыты эти велись въ условіяхъ сравнительно весьма благопріятной влажности и t°.

Примѣчаніе. Появившаяся недавно работа С. Северина (см. „Вѣстникъ бактер.-агрономич. Станціи", 1910, № 17) „Мобилизація почвенной фосфорной кислоты подъ вліяніемъ жизнедѣятельности бактерій" констатируетъ, оказывается, совершенно аналогичный фактъ. На основаніи своихъ опытовъ авторъ пришелъ, по его собственному признанію, совершенно къ неожиданнымъ результатамъ, а именно: чѣмъ болѣе выдѣлялось изъ разлагающейся массы CO_2, тѣмъ болѣе падало количество „растворимой" фосфорной кислоты; такимъ образомъ „этотъ главный, казалось бы, растворитель (т.-е. CO_2) въ почвѣ фосфатовъ и вмѣстѣ съ тѣмъ главный показатель энергіи разрушенія и мобилизаціи органической матеріи... сыгралъ какъ бы отрицательную роль". На основаніи этихъ данныхъ, авторъ считаетъ несомнѣннымъ, что параллельно работѣ однѣхъ бактерій, энергично растворявшихъ фосфорную кислоту (органическаго вещества почвы) идетъ болѣе интенсивная работа другихъ микроорганизмовъ, наоборотъ, потребляющихъ ее и превращающихъ въ сложныя органическія соединенія живой матеріи.

Такимъ образомъ, цитированной работой г. Северина, съ одной стороны, и излагаемыми опытами, произведенными въ нашей лабораторіи, съ другой, устанавливается, независимо другъ отъ друга, совершенно аналогичный фактъ.

путемъ, углекислоты можетъ выдѣляться при этомъ весьма большое количество, но, вмѣстѣ съ тѣмъ, въ разлагающейся массѣ можетъ происходить при этомъ цѣлый рядъ внутреннихъ перетасовокъ химическаго характера, которыя въ суммарномъ своемъ итогѣ могутъ отразиться въ смыслѣ, напр., значительно меньшаго количества тѣхъ или другихъ, переходящихъ въ растворъ, удобоподвижныхъ минерализованныхъ соединеній и т. п.

При сужденіяхъ далѣе о распредѣленіи и накопленіи фосфорной кислоты въ почвахъ сѣверныхъ холодныхъ широтъ и въ почвахъ, находящихся въ болѣе благопріятныхъ внѣшнихъ условіяхъ, весьма возможно, что и констатированный выше фактъ о значительно большемъ закрѣпленіи этого соединенія, наблюдаемомъ именно при лучшихъ условіяхъ разложенія отмирающихъ растительныхъ остатковъ, также долженъ оставаться не безъ вниманія.

3) Если мы будемъ слѣдить за каждымъ въ отдѣльности элементомъ, переходящимъ въ водный растворъ, по отдѣль-

---

Интереснѣйшія данныя объ этомъ „біологическомъ" поглощеніи P_2O_5 сообщаетъ Stoclasa въ своей, только что вышедшей работѣ, „Біохимическій круговоротъ іоновъ P_2O_5 въ почвѣ" („Centralbl. für Bakteriol.", 1911, II Abt.). Работая съ Azotobacter, цитируемый авторъ нашелъ напр., что организмъ этотъ усвоилъ фосфорной кислоты (привожу лишь нѣкоторыя цифры):

		%	
Изъ двуосновного фосфата *Ca*		20,13	
„ трехъосновного	„	15,75	и т. п.
„ флоридскаго фосфорита		12,66	
„ алжирскаго	„	15,73	

Что же касается почвъ, то синтезъ P_2O_5 упомянутымъ организмомъ достигаетъ, оказывается, огромныхъ величинъ; такъ,

		%	
Изъ почвы, образовавшейся на гранитѣ, усвоено было P_2O_5		49,02	
„ „ „	„ наносахъ „ „ „	99,44	(!)
„ „ „	„ базальтѣ „ „ „	50,27	и т. д.

Всѣ эти количества P_2O_5 были синтезированы Azotobacter'омъ въ такія сложныя соединенія, какъ нуклеопротеиды, фосфатиды, фитинъ и т. п.

нымъ періодамъ опыта, то замѣтимъ, что, чѣмъ дальше подвигалось разложеніе даннаго матеріала, тѣмъ все меньшія количества отщеплялись отъ послѣдняго минеральныхъ соединеній (за нѣкоторыми несущественными исключеніями). Фактъ этотъ наблюдается во всѣхъ категоріяхъ опытовъ и находится въ полномъ соотвѣтствіи съ аналогичными же выводами Wollny, проф. Костычева и др., констатировавшихъ аналогичное явленіе, на основаніи измѣренія количествъ выдѣляющей при этомъ CO_2.

4) Наконецъ, разсмотрѣніе сравнительныхъ количествъ различныхъ элементовъ, идущихъ въ растворъ, при процессѣ разложенія даннаго объекта, (кромѣ P_2O_5, о которой мы говорили выше), показываетъ намъ, что особенно обѣдняется разлагающійся матеріалъ соединеніями калія и магнія; полуторные окислы и кремнекислота переходятъ въ растворъ въ значительно меньшихъ количествахъ. Выводъ этотъ вполнѣ совпадаетъ съ данными Ramann'a, Schröder'a, а также и моими. Меньше, чѣмъ слѣдовало бы ожидать, переходитъ въ растворъ CaO; объясняется этотъ фактъ отчасти тѣмъ, что взятый для опытовъ объектъ, какъ я уже и указалъ выше, является довольно бѣднымъ этимъ соединеніемъ, отчасти, быть можетъ, и тѣмъ, что явленіе обратнаго закрѣпленія извести при разлагающемся матеріалѣ, которое такъ рельефно, какъ мы видѣли, сказывалось во всѣхъ моихъ прежнихъ опытахъ, произошло въ данномъ матеріалѣ спустя сравнительно очень короткій промежутокъ времени отъ начала разложенія.

Описанные опыты съ вліяніемъ различной t° на процессы минерализаціи, я могу дополнить еще собственными наблюденіями надъ изученіемъ вліянія на тѣ же процессы весьма высокой и весьма низкой температуръ. Съ этой цѣлью листва березы (составъ ея приведенъ въ гл. II, стр. 117) въ количествѣ 150 gr. помѣщалась въ воздушную баню, гдѣ t° поддерживалась приблизительно около 130° С. Въ виду силь-

нѣйшаго испаренія воды изъ даннаго матеріала, послѣдній приходилось тарировать раза 3—4 въ день, поддерживая въ немъ все время влажность, равную $^1/_2$ влагоемкости. Въ теченіе ночи объектъ оставался однако безъ поливки (сосудъ I). Другой такой же сосудъ съ такимъ же количествомъ матеріала помѣщался непосредственно на открытомъ воздухѣ. Температура воздуха (опыты велись въ декабрѣ мѣсяцѣ) колебалась въ предѣлахъ отъ—9° до—21° С (Сосудъ II). Подливать воды въ этотъ сосудъ почти пе приходилось, такъ какъ испареніе было ничтожное; растительный объектъ всегда былъ смерзшимъ; весьма часто приходилось наблюдать даже нѣкоторый привѣсъ въ матеріалѣ, что указывало на то, что количество сгустившейся влаги окружающаго болѣе теплаго воздуха (взвѣшиваніе производилось въ тепломъ помѣщеніи) на стѣнкахъ стекляннаго сосуда, несмотря на быструю операцію этого взвѣшиванія, превышало количество испарившейся изъ матеріала воды за предыдущій день. Опыты продолжались 15 дней, послѣ чего изъ растительныхъ матеріаловъ получены были описаннымъ выше способомъ водныя вытяжки. Матеріалъ изъ сосуда II-го, передъ тѣмъ какъ подвергнуться анализу, растилался тонкимъ слоемъ на столѣ и послѣ оттаиванья (спустя минутъ 8—10), немедленно обрабатывался 3 литрами воды.

Полученные результаты анализовъ сведены въ слѣдующей таблицѣ:

Перешло въ водный растворъ въ %.

	Сосудъ I (t° 130° C). %	Сосудъ II [(t° (—9°) до (—21°)] %
SiO_2	12,32	1,59
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	14,18	—
CaO	73,71	6,16
MgO	59,46	19,03
K_2O	34,78	12,97
Na_2O	29,94	1,06
P_2O_5	48,47	12,41
SO_3	39,98	20,09

Чтобы такъ или иначе оцѣнить эти цифры—намъ необходимо сравнить ихъ съ тѣми величинами, которыя получены были нами по отношенію къ тому же объекту, но разлагавшемуся при другихъ внѣшнихъ условіяхъ (см. подробнѣе ниже въ § V „Вліяніе различныхъ сочетаній t° и влажности на процессы минерализаціи"). Сопоставляя эти цифры между собою, мы убѣждаемся, что даже при такъ называемыхъ optim'альныхъ условіяхъ t° и увлажненія, изъ даннаго объекта за 15 дней его разложенія перешло въ растворъ значительно меньшее количество водно-растворимыхъ зольныхъ соединеній сравнительно съ тѣмъ, что мы видимъ по отношенію къ объекту, разлагавшемуся при 130° C.

Дѣйствительно, анализъ показываетъ (см. ниже), что при t° = 38° C и влажности = 1/2 влагоемкости, перешло изъ листьевъ березы въ растворъ, спустя 15 дней отъ начала опыта:

	%
SiO_2	4,02
$Al_2O_3+Fe_2O_3$	6,14
CaO	38,22
MgO	43,10
P_2O_5	11,11
K_2O	20,33
Na_2O	12,02
SO_3	26,12

Съ другой стороны—изъ растительной массы, подвергавшейся въ теченіе 15 дней замораживанію, перешло въ водный растворъ такое незначительное количество упомянутыхъ соединеній, которое весьма мало отличается отъ соотвѣтствующихъ величинъ, найденныхъ нами по отношенію къ свѣжему, неразлагавшемуся объекту. Дѣйствительно изъ свѣжей березовой листвы переходитъ въ растворъ (см. ниже):

	%
SiO_2	1,40
$Al_2O_3+Fe_2O_3$	слѣды

	%
CaO	5,72
MgO	17,03
P_2O_5	9,11
K_2O	12,01
Na_2O	слѣды
SO_3	19,33

Итакъ, описываемыми опытами констатируется необычайно энергичный распадъ органическихъ веществъ даннаго растительнаго объекта, совершающійся при очень высокихъ температурахъ, и, наоборотъ, почти полная консервированность его — при низкихъ.

Что касается перваго факта, то онъ интересенъ тѣмъ, что указываетъ вполнѣ опредѣленно на возможность и естественность процессовъ минерализаціи, идущихъ безъ участія біологическихъ агентовъ [1]), а лишь подъ вліяніемъ однихъ физическихъ и химическихъ. Съ другой стороны, припоминая работы Моллера, Фодора, Wollny, Костычева и др., констатировавшія, по количеству выдѣляемой CO_2, наоборотъ, сильное угнетеніе процессовъ разложенія органическихъ веществъ при температурахъ, превышающихъ 60° — 80°, мы должны предположить, что при очень высокихъ температурахъ, когда біологическіе факторы являются всѣ убитыми и когда выступаютъ на сцену одни лишь химическіе и физическіе — распадъ органическаго вещества происходитъ (и очень энергично), главнымъ образомъ, лишь до стадіи различныхъ промежуточныхъ соединеній, легко растворимыхъ въ водѣ, и что дальнѣйшее, окончательное сгораніе ихъ до CO_2 и др. газообразныхъ продуктовъ идетъ уже подъ непосредственнымъ вліяніемъ микроорганизмовъ [2]). Такимъ образомъ, несмотря на

[1]) Отсутствіе факта закрѣпленія P_2O_5 при 130° — лишній разъ подтверждаетъ высказанное выше предположеніе о біологическихъ причинахъ этого закрѣпленія.

[2]) Впрочемъ, намъ извѣстенъ цѣлый рядъ микроорганизмовъ, которые, поглощая кислородъ, не доводятъ реакцій окисленія до ихъ конечнаго пре-

малое количество выдѣляющейся при процессахъ разложенія CO_2—все же внутри самой органической массы могутъ идти энергичнѣйшія реакціи распада вплоть до образованія легко-подвижныхъ растворимыхъ (органо-минеральныхъ?) продуктовъ. Въ излагаемыхъ ниже опытахъ съ вліяніемъ хлороформа на процессы минерализаціи растительныхъ остатковъ—мы встрѣтимся совершенно съ аналогичнымъ явленіемъ: хотя присутствіемъ хлороформа въ нашихъ опытахъ убивались (или, по крайней мѣрѣ, сильно угнетались) біологическіе факторы, тѣмъ не менѣе анализы показывали весьма большое количество отщепляющихся при этомъ изъ растительной массы легко подвижныхъ (органо-минеральныхъ) соединеній. Между тѣмъ, опыты Wollny и мн. др. показываютъ, что прибавленіе различныхъ антисептиковъ рѣзко отражается именно на уменьшеніи количества выдѣляющейся при процессахъ разложенія CO_2. Это кажущееся противорѣчіе устраняется, по моему мнѣнію, вполнѣ удовлетворительно высказанными выше соображеніями. Если же мы допустимъ теперь возможность въ природѣ такого факта, что одновременно съ сильнѣйшимъ распадомъ органическаго вещества происходятъ энергичныя обратныя регенераціонныя явленія въ тѣлѣ микроскопическихъ существъ [1]), то мыслимо вполнѣ и обратное явленіе: при громадномъ количествѣ выдѣляющейся CO_2 изъ разлагающагося объекта, въ послѣднемъ, наоборотъ, будутъ идти усиленнымъ

дѣла и CO_2 при этомъ не выдѣляютъ (напр., уксуснокислыя бактеріи, окисляющія этиловый спиртъ въ уксусную кислоту, далѣе—нѣкоторыя плѣсени, окисляющія сахаръ съ образованіемъ щавелевой и лимонной кислоты и пр.).

[1]) Съ такимъ фактомъ мы встрѣтились уже въ описанныхъ выше опытахъ по отношенію къ P_2O_5. Ниже мы приведемъ этимъ фактамъ еще другія доказательства. И какъ разъ процессы эти идутъ тѣмъ энергичнѣй, чѣмъ въ болѣе благопріятныхъ внѣшнихъ условіяхъ находится разлагающійся матеріалъ.

См. также цитированную выше (въ примѣчаніи) недавно появившуюся работу г. Северина и Stoclasa.



темпомъ процессы именно синтетическіе, и въ результатѣ мы будемъ открывать, напр., въ водныхъ вытяжкахъ изъ даннаго объекта, наоборотъ, ничтожное количество легко-подвижныхъ продуктовъ и т. п.

Все это указываетъ на то, что изученіе сложнѣйшихъ процессовъ разложенія органическихъ остатковъ только методомъ измѣренія количествъ CO_2, даетъ намъ слишкомъ общія, лишь суммарныя представленія о характерѣ указанныхъ явленій, не выясняя внутренней сущности ихъ [1].

Возвращаясь къ цифрамъ нашихъ анализовъ и обращаясь теперь къ другому (II) сосуду, который находился, какъ мы видѣли, все время въ условіяхъ замораживанія, мы наблюдаемъ весьма ничтожную разницу въ количествѣ отщепляющихся изъ такого матеріала водно-растворимыхъ соединеній — по сравненію со свѣжимъ неразлагавшимся объектомъ, что указываетъ на полное угнетеніе не только біологическихъ, но и химическихъ процессовъ въ немъ при низкихъ температурахъ. Но вотъ какое любопытное явленіе пришлось намъ наблюдать позднѣе по отношенію къ тому же объекту. Подъ впечатлѣніемъ тѣхъ крупныхъ количествъ минерализованныхъ продуктовъ, которые идутъ въ водную вытяжку изъ тѣхъ растительныхъ остатковъ, которые разлагаются въ условіяхъ почти полнаго устраненія, или, по крайней мѣрѣ, сильнаго ослабленія біологическихъ агентовъ (очень высокая t°, прибавленіе хлороформа) [2], чѣмъ доказывалась возможность глубокаго рас-

---

[1]) Помимо высказанныхъ выше соображеній, необходимо еще указать на возможность, примѣнительно въ частности къ почвѣ, разложенія карбонатовъ тѣми кислотами, которыя являются продуктомъ жизнедѣятельности бактерій, съ выдѣленіемъ CO_2, что также можетъ служить причиной ошибочныхъ заключеній о характерѣ и интенсивности разложенія органическихъ веществъ въ почвѣ. Съ этой точки зрѣнія методъ, предложенный для учета жизнедѣятельности бактерій въ почвѣ по количеству выдѣляющейся CO_2, Hes.-van Suchtelen'омъ („Centr. für Bakteriol." Bd. XXVIII) едва ли можно считать точнымъ.

[2]) Опыты эти изложены нѣсколько ниже.

пада, и притомъ въ очень большихъ размѣрахъ, органическаго вещества подъ вліяніемъ однихъ лишь физическихъ и химическихъ факторовъ,—я задался цѣлью выяснить, какимъ образомъ отражается на этихъ процессахъ фактъ попеременнаго замораживанія и оттаиванія разлагающагося объекта. Отчасти на эту мысль натолкнули меня извѣстные факты довольно скораго загниванія различныхъ сельско-хозяйственныхъ продуктовъ, испытавшихъ предварительное замораживаніе (клубни картофеля и пр.).

Результаты поставленнаго съ цѣлью выяснить этотъ вопросъ опыта оказались весьма любопытными. Самая постановка опыта была такова: вышеупомянутая листва березы, въ размѣрѣ 150 gr., съ влажностью, равной $^1/_2$ влагоемкости этого матеріала, періодически находилась то на внѣшнемъ воздухѣ (гдѣ t° все время опытовъ была съ минусами (отъ — 2° C до —10° C), то въ термостатѣ (съ t° = 27° — 29° C). На внѣшнемъ воздухѣ сосудъ обычно оставался 2 дня, въ термостатѣ—одинъ день. Опытъ продолжался 18 дней. По истеченіи этого срока, матеріалъ въ замерзшемъ состояніи, разостланъ былъ тонкимъ слоемъ въ помѣщеніи лабораторіи и послѣ оттаиванья, подвергнутъ былъ обработкѣ водой.

Анализъ водной вытяжки далъ слѣдующія цифры:

Перешло въ водный растворъ въ %

	%
SiO_2	16,36
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	20,18
CaO	76,44
MgO	84,37
K_2O	57,16
Na_2O	40,06
P_2O_5	51,13
SO_3	49,16

Весьма крупныя количества всѣхъ зольныхъ соединеній, переходящія въ водную вытяжку, показываютъ намъ, что операція поперемѣннаго замораживанія и оттаиванія

того или другого растительнаго объекта влечетъ за собой энергичнѣйшій распадъ органическихъ веществъ съ образованіемъ весьма большого количества минеральныхъ, водно-растворимыхъ соединеній. Рѣзкія колебанія t°, такимъ образомъ, какъ бы „расшатываютъ“ прочные химическіе комплексы, и способствуютъ распаденію ихъ на менѣе сложныя, но болѣе подвижныя соединенія [1]).

Фактъ этотъ даетъ намъ возможность предположить, что, напр., весеннія талыя воды, приходя въ соприкосновеніе съ опавшими прошлой осенью листьями, и другими отмершими растительными остатками, выносятъ изъ послѣднихъ въ первые же дни весьма большое количество водно-растворимыхъ, органическихъ и минеральныхъ, соединеній, и что въ теченіе послѣдующихъ мѣсяцевъ атмосферной водѣ приходится имѣть дѣло съ совершенно обѣднѣнными, выщелоченными уже, объектами. Этотъ фактъ объясняетъ намъ, между прочимъ, и то извѣстное явленіе, почему листья древесныхъ породъ, даже опавшіе очень поздно, непосредственно передъ наступленіемъ морозовъ и выпаденіемъ снѣга (слѣдовательно, съ осени еще не разлагавшіеся), послѣ схода снѣга являются обыкновенно дряблыми, легко рвущимися и пр.—все указываетъ на то, что они претерпѣли въ своей химической конституціи глубокія измѣненія. Наконецъ, цвѣтъ стекающихъ, напр., въ лѣсу, весеннихъ водъ, своей окраской показываетъ намъ, какія большія количества различныхъ соединеній выщелочены ими изъ отмершихъ растительныхъ остатковъ.

---

[1]) Г. Ковшовъ („Ботанич. Журн.“, 1906, № 5), примѣняя выработанный проф. Палладинымъ способъ замораживанія, нашелъ, что протеолитическая энзима при замораживаніи не разрушается, и что послѣ оттаиванія наблюдается въ убитыхъ морозомъ частяхъ растеній весьма энергичный распадъ бѣлковыхъ веществъ.



II) Вліяніе различной степени увлажненія на процессы минерализаціи растительныхъ остатковъ (студ. В. Аболенскій).

Опыты были организованы совершенно аналогично вышеописаннымъ. Объектомъ для наблюденій служилъ тотъ же матеріалъ (листья клёна). Болѣе или менѣе разработанныя данныя имѣются у насъ пока по отношенію лишь къ двумъ крайнимъ факторамъ: въ сосудѣ I изучалось вліяніе избыточнаго увлажненія, въ сосудѣ II — вліяніе недостаточнаго увлажненія (при одной и той же t°). Съ этой цѣлью въ сосудѣ I поддерживалась все время опытовъ влажность, равная полной влагоемкости матеріала (= 484%), что создавало почти совершенное „заболачиваніе" послѣдняго, въ сосудѣ II поддерживалась влажность, равная 1/10 этой влагоемкости.

Оба сосуда находились при комнатной t° (15—19° C). Результаты сведены въ слѣдующихъ таблицахъ:

Сосудъ I (полная влагоемкость).

	Перешло въ водный растворъ въ %.					
	SiO_2	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O
Изъ листьевъ клёна, разлагавш. въ теченіе 15 дней .	3,74	10,05	5,31	12,97	16,64	31,87
Еще черезъ 15 дней перешло въ растворъ	2,62	8,53	4,50	10,42	10,24	23,77
Еще черезъ 15 дней перешло въ растворъ	3,77	3,51	2,44	11,80	5,04	10,79
Еще черезъ 20 дней перешло въ растворъ	3,74	2,13	2,27	12,51	1,77	8,38
Всего за 65 дней	13,87	24,22	14,52	47,70	33,69	74,81

Сосудъ II (1/10 влагоемкости).

	Перешло въ водный растворъ въ %.					
	SiO_2	$Al_2O_3 +$ $+ Fe_2O_3$	CaO	$M\ O$	P_2O_5	K_2O
Изъ листьевъ клёна, разлагавш. въ теченіе 15 дней .	2,00	6,77	3,47	12,86	21,73	27,57
Еще черезъ 15 дней перешло въ растворъ	1,09	4,51	3,03	8,80	15,21	25,10
Еще черезъ 15 дней перешло въ растворъ	1,09	3,64	2,65	7,93	6,67	10,05
Еще черезъ 20 дней перешло въ растворъ	1,53	2,76	1,24	7,17	3,33	8,27
Всего за 65 дней	5,71	17,68	10,39	36,76	46,94	70,99

Прежде чѣмъ дѣлать какіе-либо выводы изъ данныхъ этихъ анализовъ — я считаю необходимымъ указать, что было бы большой ошибкой объяснять полученную разницу въ цифрахъ только тѣмъ, что въ одномъ случаѣ растительный матеріалъ разлагался энергичнѣй, въ другомъ — слабѣе. Дѣло въ томъ, что въ сосудѣ I-мъ, гдѣ матеріалъ находился все время опытовъ въ насыщенномъ водой состояніи—мы, въ сущности говоря, производили изъ него въ теченіе 65 дней безпрерывную водную вытяжку, такъ какъ матеріалъ этотъ, какъ я и указалъ выше, находился все время въ „заболоченномъ" состояніи [1]). Принимая же во вниманіе, что время соприкосновенія воды съ растительнымъ матеріаломъ играетъ весьма существенную роль—въ смыслѣ безпрерывнаго выщелачиванія ею все новыхъ и новыхъ порцій зольныхъ (и органическихъ) соединеній изъ этого матеріала (Ramann), — мы должны были бы предвидѣть, что изъ сосуда I вода извлечетъ огромныя количества минеральныхъ соединеній по сравненію съ сосудомъ II-ымъ, — тѣмъ болѣе, что растительный матеріалъ этого сосуда, находясь въ весьма неблагопріятныхъ условіяхъ

[1]) Въ природныхъ условіяхъ—явленіе это, конечно, самое естественное.

увлажненія, долженъ былъ бы минерализоваться очень слабо, что, такимъ образомъ, еще рѣзче должно было бы подчеркнуть указанную выше разницу.

Разница въ количествѣ переходящихъ въ растворъ минеральныхъ соединеній описанными опытами, дѣйствительно, констатируется,—но такая сравнительно незначительная, которая, если мы примемъ во вниманіе всѣ только что высказанныя соображенія, даетъ намъ возможность, какъ мнѣ кажется, наоборотъ, утверждать, что въ условіяхъ заболоченности минерализація растительныхъ матеріаловъ вообще идетъ чрезвычайно медленнымъ темпомъ; въ нашемъ случаѣ— процессъ этотъ шелъ, вѣроятно, еще даже медленнѣй, чѣмъ въ условіяхъ недостаточнаго увлажненія, такъ какъ констатированную анализами разницу можно бы было пожалуй отнести на счетъ растворяющаго дѣйствія воды, бывшей въ соприкосновеніи съ растительнымъ объектомъ безпрерывно въ теченіе 65 дней.

Опять-таки своеобразные результаты дала и въ описываемыхъ опытахъ фосфорная кислота. Въ то время какъ всѣ другія зольныя соединенія изъ сосуда I идутъ въ водный растворъ въ бо̀льшихъ количествахъ, чѣмъ изъ сосуда II—фосфорная кислота оказывается снова какимъ-то образомъ закрѣпленной при томъ матеріалѣ, который разлагался въ условіяхъ насыщенія водой. (Изъ сосуда I-го — за всѣ 65 дней опыта P_2O_5 вымыто 33,69°/$_0$, изъ сосуда II-го—значительно больше—46,94°/$_0$). Вѣроятно, и въ данномъ случаѣ фактъ этотъ надо объяснить вліяніемъ біологическихъ факторовъ—образованіемъ нерастворимыхъ нуклеиновыхъ и др. соединеній, какъ результатъ жизнедѣятельности въ разлагающейся массѣ мельчайшихъ организмовъ. Почему фактъ этотъ наблюдается болѣе рѣзко именно въ условіяхъ „заболоченности“ матеріала, играютъ ли главную роль въ этомъ процессѣ какіе-либо опредѣленные анаэробные организмы и пр., — вопросы

эти мы оставляемъ пока открытыми. Болѣе детальное освѣщеніе изучаемыхъ процессовъ—мы откладываемъ до окончанія предпринятыхъ нами дальнѣйшихъ наблюденій надъ выясненіемъ вліянія возможно болѣе разнообразныхъ условій увлажненія растительныхъ остатковъ на процессы ихъ постепенной минерализаціи [1]).

III) Вліяніе хлороформа на процессы минерализаціи растительныхъ остатковъ (студ. Н. Розовъ).

Когда мы разсматривали вліяніе различной t° на процессы отщепленія изъ разлагающейся массы водно-растворимыхъ минеральныхъ соединеній, то обратили вниманіе на то обстоятельство, что въ optim'альныхъ условіяхъ разложенія—P_2O_5 оказывается какимъ-то образомъ закрѣпленной, и притомъ въ весьма большихъ количествахъ, при разлагающемся объектѣ. Въ объясненіе этого непонятнаго факта мы указали на возможность образованія въ разлагающейся массѣ нерастворимыхъ солей извести и желѣза, но главную причину готовы были видѣть въ процессахъ регенераціи сложныхъ нуклеиновыхъ образованій въ тѣлѣ различныхъ микроорганизмовъ, въ изобиліи поселяющихся на разлагающемся объектѣ.

Чтобы провѣрить это предположеніе, а также выяснить одновременно вліяніе антисептиковъ на процессы отщепленія

[1]) Весьма возможно, что въ упомянутыхъ регенераціонныхъ явленіяхъ главное участіе принимали въ данномъ случаѣ различные плѣсневые грибки, развитію которыхъ, какъ извѣстно, благопріятствуетъ кислая среда (см. напр., H. Fischer—„Centralbl. für Bacteriol.", T. 22, s. 671). Жизнедѣятельности этихъ именно организмовъ надо, вѣроятно, приписать наличность синтетическихъ реакцій, наблюдаемыхъ нами въ условіяхъ избыточнаго увлажненія.

Сравнительно недавно—O. Treboux („Журн. Оп. Агр.", 1906, стр. 301), на основаніи своихъ опытовъ, произведенныхъ въ Харьковск. Ботанич. Институтѣ, нашелъ, что и нѣкоторыя водоросли способны пользоваться органическими кислотами, какъ единственнымъ источникомъ своего углерода.



изъ разлагающейся массы и другихъ зольныхъ соединеній— опыты были организованы слѣд. образомъ.

Клеверное сѣно, въ количествѣ 150 gr., въ размельченномъ состояніи, помѣщено было въ два стеклянныхъ объемистыхъ сосуда [1]). Внѣшнія условія разложенія ($t^{\circ} = 37^{\circ}C$; влажность $= 1/2$ влагоемкости) — были для обоихъ сосудовъ одни и тѣ же; но сосудъ II находился все время опытовъ въ соприкосновеніи съ хлороформомъ, что достигалось помѣщеніемъ въ стеклянный сосудъ, наполненный разлагающейся растительной массой, небольшой чашечки съ хлороформомъ, который, по мѣрѣ улетучиванія (сосудъ былъ закрытъ стеклянной пластинкой) возобновлялся путемъ частаго подливанія. Конечно, полнаго прекращенія біологическихъ процессовъ въ разлагающейся массѣ при такой постановкѣ опытовъ далеко не достигалось—особенно принимая во вниманіе ежедневное тарированіе этого сосуда, слѣдовательно его открываніе, приливаніе свѣжихъ порцій воды и т. д. Но извѣстная угнетенность біологическихъ процессовъ описанной операціей несомнѣнно достигалась.

Остальныя детали въ постановкѣ опытовъ — были аналогичны описаннымъ выше.

Влагоемкость клевернаго сѣна $= 280\%$.

Въ 1000 ч. сух. вещ. сѣна содержится въ граммахъ:

SiO_2	2,2276	gr.
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	3,3595	„
CaO	15,6893	„
MgO	4,4773	„
K_2O	15,3135	„
Na_2O	3,2476	„
P_2O_5	2,8419	„
SO_3	6,6251	„

[1]) Сѣно было пріобрѣтено на рынкѣ. Цвѣта оно было бураго, что указывало на то, что объектъ этотъ уже подвергался броженію. Такимъ образомъ, начальныя стадіи его разложенія остаются для насъ неизвѣстными. Этимъ же надо объяснить себѣ и сравнительно небольшое количество переходящихъ въ растворъ количествъ CaO и MgO.

Переходимъ къ анализамъ вытяжекъ изъ обоихъ сосудовъ:

Сосудъ I (безъ хлороформа).

	Перешло въ водный растворъ въ %.							
	SiO_2	Al_2O_3+ $+Fe_2O_3$	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	SO_3
Изъ клев. сѣна, разлагавш. въ теченіе 14 дней .	5,12	4,69	13,05	20,39	40,72	50,75	6,56	23,60
Еще черезъ 14 дней перешло въ растворъ . .	5,23	17,26	5,97	6,88	12,76	27,67	1,35	5,80
Еще черезъ 14 дней перешло въ растворъ . .	4,76	слѣды	2,53	3,66	7,52	12,68	1,97	3,68
Еще черезъ 14 дней перешло въ растворъ . .	5,45	0,53	2,19	2,91	6,01	7,39	0,65	3,98
Всего за 56 дней опыта.	20,56	22,48	23,74	33,84	67,01	98,49	10,53	37,06

Сосудъ II (съ хлороформомъ).

	Перешло въ водный растворъ въ %.							
	SiO_2	Al_2O_3+ $+Fe_2O_3$	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	SO_3
Изъ клев. сѣна, разлагавш. въ теченіе 14 дней. .	3,59	5,36	11,38	16,52	38,40	49,88	38,36	16,77
Еще черезъ 14 дней перешло въ растворъ . .	1,79	16,52	9,99	17,31	18,16	25,65	28,27	10,19
Еще черезъ 14 дней перешло въ растворъ . .	5,24	0,75	6,96	10,44	12,67	15,74	14,24	4,73
Еще черезъ 14 дней перешло въ растворъ . .	3,25	1,29	3,61	6,11	4,55	6,18	6,55	4,06
Всего за 56 дней опыта.	13,87	23,92	32,94	50,38	73,78	97,45	87,42	35,75

Если мы будемъ сравнивать въ этихъ таблицахъ цифры анализовъ, относящіяся лишь къ первой вытяжкѣ, которая сдѣлана была, какъ мы знаемъ, спустя 14 дней отъ начала опыта, — то получимъ данныя, которыя можно было бы предвидѣть a priori, а именно: растительный объектъ, разлагавшійся въ присутствіи хлороформа, далъ, въ общемъ, меньшія количества водорастворимыхъ зольныхъ соединеній, и этотъ фактъ надо поставить въ логическую связь съ болѣе замедленнымъ ходомъ процессовъ распада этого объекта. Но если мы

пойдемъ дальше и обратимъ вниманіе на данныя анализовъ послѣдующихъ вытяжекъ и, особенно, на общія суммарныя количества отщепляющихся минеральныхъ продуктовъ въ обоихъ описанныхъ случаяхъ, то натолкнемся на совершенно неожиданныя заключенія: въ сосудѣ II (съ хлороф.)—количества CaO, MgO, (отчасти K_2O) и особенно P_2O_5 оказываются вымытыми въ весьма большихъ размѣрахъ (фосфорной кислоты, напр., оказалось въ этомъ сосудѣ по сравненію съ сосудомъ I-мъ—въ 8 разъ больше!), между тѣмъ какъ въ сосудѣ безъ хлороформа,—упомянутыя соединенія, наоборотъ, оказались въ извѣстной своей части прочно закрѣпленными. Что касается полуторныхъ окисловъ, а также Na_2O и SO_3, то количества ихъ въ обоихъ случаяхъ представляются намъ болѣе или менѣе одинаковыми. Наконецъ SiO_2 — является единственнымъ соединеніемъ, которое идетъ навстрѣчу нашимъ апріорнымъ предположеніямъ о болѣе энергичной и быстрой минерализаціи растительной массы, разлагающейся безъ участія обеззараживающихъ веществъ.

Конечно, самъ по себѣ фактъ довольно энергичной минерализаціи растительнаго матеріала въ сосудѣ II-мъ—несмотря на присутствіе хлороформа — не можетъ возбуждать особыхъ сомнѣній; мы знаемъ вѣдь, что распадъ органическаго вещества можетъ совершаться въ природѣ и подъ вліяніемъ однихъ физическихъ и химическихъ агентовъ, безъ участія микроорганизмовъ [1]), а кромѣ того — условія самой операціи хлороформированія, примѣнявшейся въ описываемыхъ опытахъ, были таковы, что въ нашемъ случаѣ отнюдь не исключалась, какъ о томъ я говорилъ выше, возможность участія въ этихъ про-

[1]) См. данныя Wollny, Dehérain'a, Gayon'a, Костычева и др. Необходимо указать, что съ развитіемъ современнаго ученія объ энзимахъ—все болѣе и болѣе необходимымъ является въ настоящее время коренной пересмотръ вопроса о вліяніи различныхъ внѣшнихъ факторовъ на процессы разложенія органическихъ остатковъ.



цессахъ и живыхъ дѣятелей (а только угнеталась). Принимая все это во вниманіе — фактъ постепеннаго отщепленія извѣстнаго количества минерализованныхъ продуктовъ изъ матеріала, находившагося въ сосудѣ II, намъ не долженъ казаться страннымъ. Но то обстоятельство, что въ этомъ случаѣ намъ придется констатировать значительно болѣе полную минерализацію, чѣмъ въ сосудѣ I-мъ (по крайней мѣрѣ по отношенію къ нѣкоторымъ соединеніямъ) — является довольно неожиданнымъ. Какихъ-либо особыхъ поясненій фактъ этотъ теперь однако не требуетъ; достаточнымъ разъясняющимъ обстоятельствомъ его является самая постановка описываемыхъ опытовъ: P_2O_5, CaO, MgO (отчасти K_2O) закрѣплены при разлагающемся матеріалѣ, главнымъ образомъ, благодаря жизнедѣятельности, въ изобиліи поселяющихся на послѣднемъ, различныхъ мельчайшихъ организмовъ. [1]) Въ виду совершенно идентичныхъ условій температуры, увлажненія и пр., въ которыхъ находились эти два сосуда — наиболѣе естественнымъ предположеніемъ неминуемо должна явиться мысль о болѣе энергичныхъ регенераціонныхъ явленіяхъ именно въ томъ сосудѣ, въ которомъ дѣятельность живыхъ агентовъ не была нарушена присутствіемъ хлороформа [2]). Въ частности—по отношенію къ P_2O_5 мы имѣемъ полное подтвержденіе того же факта, который мы уже видѣли въ описанныхъ выше опытахъ съ вліяніемъ различной t° на разсматриваемые процессы, поставленныхъ

---

[1]) Не отсутствіемъ ли этого „біологическаго" поглощенія надо объяснить себѣ случаи повышенія плодородія почвъ при обработкѣ послѣднихъ хлороформомъ, сѣроуглеродомъ и пр.? См. М. Егоровъ „Къ вопросу о вліяніи CS_2 на почву и на растеніе" („Журн. Оп. Агр.", 1908).

[2]) Фактъ одновременнаго закрѣпленія съ P_2O_5 и щелочно-земельныхъ основаній даетъ намъ возможность предполагать, что отчасти наблюдаемое явленіе обязано и чисто-химическимъ реакціямъ (образованію въ разлагающейся массѣ нерастворимыхъ фосфорно-известковыхъ соединеній); но сравнивая степень закрѣпленія этихъ соединеній въ разлагающемся матеріалѣ съ тѣми громадными количествами, которыя характеризуютъ процессъ закрѣпленія P_2O_5—мы должны признать, что химическимъ явленіямъ принадлежитъ въ данномъ случаѣ лишь частичная роль.

съ другимъ растительнымъ объектомъ при совершенно другихъ условіяхъ разложенія. Быть можетъ, — въ зависимости отъ различнаго состава микроскопической флоры [1]) будутъ находиться и различные, съ точки зрѣнія количественной и качественной, процессы закрѣпленія при разлагающемся субстратѣ то одного, то другого элемента, и не всегда, такимъ образомъ, мы будемъ встѣчаться съ явленіемъ бо́льшаго закрѣпленія именно P_2O_5, а не другихъ какихъ-либо соединеній — это вопросъ будущихъ, болѣе детальныхъ изслѣдованій, — но намъ интересно въ данномъ случаѣ установить какъ общее положеніе лишь тотъ фактъ, что одновременно съ энергично-идущими процессами распада органическихъ остатковъ, а, слѣдовательно и весьма интенсивнаго выдѣленія при этихъ процессахъ CO_2—какъ главнаго показателя этого распада, могутъ итти параллельно процессы закрѣпленія и перехода въ нерастворимое состояніе извѣстной части тѣхъ или другихъ зольныхъ продуктовъ, отщепляющихся, какъ результатъ усиленной минерализаціи, отъ разлагающагося матеріала [2]). Болѣе детальное изслѣдованіе даннаго вопроса представило бы собой весьма большой интересъ и для чисто агрономическихъ цѣлей: изученіе съ этой стороны, напр., процессовъ минерализаціи разлагающагося навоза, ближайшее знакомство съ судьбой образующихся въ немъ растворимыхъ минеральныхъ соединеній и пр.—могло бы подвинуть насъ въ

---

[1]) Мнѣ много приходилось работать (для другихъ цѣлей) надъ микроскопическимъ изслѣдованіемъ различныхъ разлагающихся растительныхъ остатковъ и всегда то, что открывалъ микроскопъ, превышало всякія, самыя смѣлыя, ожиданія и предположенія — столь многочисленнымъ и разнообразнымъ представлялось всегда глазу микроскопическое населеніе этихъ субстратовъ.

[2]) Случаи біологическаго закрѣпленія въ почвѣ, напр., нитратовъ, какъ результатъ также регенераціонныхъ явленій, указаны, между прочимъ, А. Ключаревымъ („О нитрифицирующей спососообности нормальныхъ почвъ"... etc.), Душечкинымъ („Къ вопросу о вымываніи нитратовъ изъ почвъ"... etc.—„Хозяйство", 1910, № 30) и др.



рѣшеніи многихъ существенныхъ вопросовъ, связанныхъ съ этимъ комплексомъ, какъ удобрительнымъ матеріаломъ и т. д.

IV) Вліяніе различныхъ сочетаній температуры и влажности на процессы минерализаціи растительныхъ остатковъ.

Во II-ой главѣ настоящей работы, при разсмотрѣніи количествъ органическихъ водно-растворимыхъ соединеній, отщепляющихся изъ различныхъ растительныхъ остатковъ,—нами изложены были опыты, въ которыхъ изучалось вліяніе на этотъ процессъ сочетанія различныхъ степеней увлажненія и t°. Тамъ мы обратили исключительное вниманіе именно на органическія соединенія; что же касается минеральныхъ, то мы ограничились, сообразно поставленной задачѣ, приведеніемъ лишь суммарныхъ количествъ ихъ. Теперь мы можемъ остановиться на этихъ опытахъ болѣе подробно и обратить главное вниманіе уже на зольныя водно-растворимыя соединенія. Въ качествѣ растительныхъ объектовъ служили намъ, какъ мы видѣли, листья березы, степное (ковыльное) сѣно и хвоя ели. Обстановка опытовъ и методъ наблюденій описаны во II главѣ. Напомню лишь, что въ I категоріи опытовъ растительные матеріалы разлагались въ условіяхъ optim'альной t° (около 38° *C*) и optim'альной влажности ($= 1/_2$ влагоемкости объекта). Въ категоріи II-ой—въ условіяхъ сравнительно низкой t° (5°—7° *C*) и нѣсколько избыточнаго увлажненія (=полной влагоемкости) и, наконецъ, въ III-ей категоріи—въ условіяхъ довольно высокой t° (около 25° *C*) и низкой влажности ($= 1/_{10}$ влагоемкости).

Одни матеріалы, въ опредѣленные сроки, промывались водой, что давало, такимъ образомъ, возможность слѣдить также и за постепеннымъ ходомъ ихъ минерализаціи, другіе, наоборотъ, все время опытовъ оставались безъ такой обработки, и водныя

вытяжки изъ нихъ сдѣланы были лишь разъ, по окончаніи опытовъ—для общаго суммарнаго представленія о степени минерализаціи растительныхъ объктовъ, находившихся въ различныхъ условіяхъ увлажненія и t°.

Мы разсмотримъ въ настоящее время данныя анализовъ, полученныя по отношенію къ листьямъ березы и къ степному сѣну. Что касается хвои ели, то результаты опытовъ съ ней получились нѣсколько неясные и дѣлать какія-либо опредѣленныя заключенія изъ нихъ не представляется пока возможнымъ.

Переходимъ къ аналитическому матеріалу:

	Въ 1.000 ч. сух. вещ. содержится (въ граммахъ).										
	SiO_2	Al_2O_3+ $+Fe_2O_3$	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O	Na_2O	SO_3	Mn_3O_4	Cl	Сумма зольн. элем.
[Ли]стья березы. .	6,14	0,36	28,89	8,14	2,44	6,18	0,51	4,01	0,97	—	57,64
[Ст]епное сѣно. .	16,49	0,24	16,75	7,12	5,09	12,56	0,10	1,88	0,06	2,43	62,72

Дѣйствіе воды на свѣжіе, неподвергавшіеся разложенію, объекты:

	Изъ 1.000 ч. сух. вещ. перешло въ растворъ (въ граммахъ).										
	SiO_2	Al_2O_3+ $+Fe_2O_3$	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O	Na_2O	SO_3	Mn_3O_4	Cl	Сумма зольн. элем.
[Из]листьевъ [б]ерезы. .	0,0859	слѣды	1,6525	1,3862	0,2222	0,7422	слѣды	0,7751	слѣды	—	4,8641
[Из]степного [с]ѣна. . .	0,5078	слѣды	0,5762	0,8131	0,2443	1,0751	—	0,1932	—	сл.	3,4097

Выражая полученныя цифры въ %, имѣемъ:

	Перешло въ растворъ (въ %).									
	SiO_2	Al_2O_3+ $+Fe_2O_3$	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O	Na_2O	SO_3	Mn_3O_4	Cl
[Из]листьевъ [б]ерезы. .	1,40	слѣды	5,72	17,03	9,11	12,01	слѣды	19,33	слѣды	—
[Из]степного [с]ѣна. . .	3,08	слѣды	3,44	11,42	4,80	8,56	—	10,28	—	слѣды

I. Опыты съ разлагающимися листьями березы.

A) T° = 38° C; влажность = 1/2 влагоемкости объекта.

	Изъ 1.000 ч. сух. вещ. перешло въ растворъ (въ грамм.).							
	SiO_2	Al_2O_3+ $+Fe_2O_3$	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O	Na_2O	SO_3
1. Черезъ 15 дней отъ начала опыта перешло въ растворъ.	0,2468	0,0221	11,0417	3,5083	0,2710	1,2563	0,0613	1,0474
2. Черезъ 30 дней перешло еще	0,1927	0,0151	1,6207	0,5893	0,0329	0,6828	0,0112	0,1527
3. Черезъ 45 дней перешло еще.	0,3198	0,0074	0,9447	0,1652	0,0258	0,3170	0,0262	0,2061
4. Черезъ 65 дней перешло еще.	0,3100	0,0111	0,9013	0,1961	0,0344	0,1439	0,0057	0,0874
5. Черезъ 88 дней перешло еще.	0,1909	0,0083	0,2542	0,1628	0,0197	0,1297	0,0053	0,1291
Всего за 88 дней перешло въ растворъ . .	1,2602	0,0640	14,7626	4,6217	0,3838	2,5297	0,1097	1,6227

Или, выражая полученныя цифры, въ %:

	Перешло въ растворъ (въ %).							
	SiO_2	Al_2O_3+ $+Fe_2O_3$	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O	Na_2O	SO_3
1. Черезъ 15 дней отъ начала опыта перешло въ растворъ.	4,02	6,14	38,22	43,10	11,11	20,33	12,02	26,12
2. Черезъ 30 дней перешло еще.	3,14	4,21	5,61	7,24	1,35	11,05	2,21	3,81
3. Черезъ 45 дней перешло еще.	5,21	2,06	3,27	2,03	1,06	5,13	5,15	5,14
4. Черезъ 65 дней перешло еще.	5,05	3,11	3,12	2,41	1,41	2,33	1,13	2,18
5. Черезъ 88 дней перешло еще.	3,11	2,31	0,88	2,00	0,81	2,10	1,05	3,22
Всего за 88 дней перешло въ растворъ . .	20,53	17,83	51,10	56,78	15,74	40,94	21,56	40,47

За то же время перешло въ растворъ изъ матеріала, непромываемаго водой:

	Въ грамм.	Въ %
SiO_2.	2,3596	38,43
$Al_2O_3+Fe_2O_3$.	0,1303	36,22
CaO	26,5874	92,03
MgO	7,2779	89,41
P_2O_5	1,5533	63,66

K_2O	3,3415	54,07
Na_2O	0,2149	42,14
SO_3	1,9452	48,51

В) T° = 5°—7° C; влажность = полной влагоемкости объекта.

	Изъ 1.000 ч. сух. вещ. перешло въ растворъ (въ грамм.).							
	SiO_2	Al_2O_3 + + Fe_2O_3	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O	Na_2O	SO_3
1. Черезъ 15 дней отъ начала опыта перешло въ растворъ.	0,1577	0,0113	11,5877	4,0864	0,4130	0,9473	0,0205	0,8954
2. Черезъ 30 дней перешло еще.	0,1246	0,0122	2,3198	0,6609	0,1473	0,0444	0,0058	0,0565
3. Черезъ 45 дней перешло еще.	0,0558	0,0062	1,2480	0,2800	0,1956	0,0710	0,0008	0,1235
4. Черезъ 65 дней перешло еще.	0,1246	0,0057	2,0685	0,3540	0,1320	0,0809	0,0110	0,0709
5. Черезъ 88 дней перешло еще.	0,0681	0,0036	1,4502	0,4216	0,1659	0,0729	0,0114	0,0609
Всего за 88 дней перешло въ растворъ . .	0,5308	0,0390	18,6742	5,8029	1,0538	1,2165	0,0495	1,2072

Или, выражая эти цифры въ %, получаемъ:

	Перешло въ растворъ (въ %).							
	SiO_2	Al_2O_3 + + Fe_2O	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O	Na_2O	SO_3
1. Черезъ 15 дней отъ начала опыта перешло въ растворъ.	2,57	3,15	40,11	51,43	16,93	15,33	4,03	22,33
2. Черезъ 30 дней перешло еще.	2,03	3,41	8,03	8,12	6,04	0,72	1,14	1,41
3. Черезъ 45 дней перешло еще.	0,91	1,73	4,32	3,44	8,02	1,15	0,17	3,08
4. Черезъ 65 дней перешло еще.	2,03	1,60	7,16	4,35	5,41	1,31	2,16	1,77
5. Черезъ 88 дней перешло еще.	1,11	1,02	5,02	5,18	6,80	1,18	2,25	1,52
Всего за 88 дней перешло въ растворъ. . .	8,65	10,91	64,64	72,52	43,20	19,69	9,75	30,11

а то же время перешло въ растворъ изъ матеріала, непромываемаго водой:

	Въ грамм.	Въ %
SiO_2.	1,1052	18,00
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$.	0,1019	28,31
CaO.	19,7116	68,23
MgO	6,2490	76,77
P_2O_5	1,1016	45,15
K_2O.	2,5616	41,45
Na_2O	0,1174	23,03
SO_3	1,6092	40,13

C) T° = 25° C; влажность = 1/10 влагоемкости объекта.

	Изъ 1.000 ч. сух. вещ. перешло въ растворъ (въ грамм.)							
	SiO_2	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O	Na_2O	SO_3
1. Черезъ 15 дней отъ начала опыта перешло въ растворъ.	0,1326	0,0090	12,1655	4,4224	0,3447	0,8719	0,0214	0,934
2. Черезъ 30 дней перешло еще.	0,0693	0,0097	1,5687	0,3019	0,2447	0,0352	0,0041	0,026
3. Черезъ 45 дней перешло еще.	0,0540	0,0041	2,0858	0,2604	0,1517	0,0389	0,0102	0,045
4. Черезъ 65 дней перешло еще.	0,0865	0,0074	0,5864	0,5217	0,0822	0,0315	0,0053	0,049
5. Черезъ 88 дней перешло еще.	0,1264	0,0076	1,7449	0,2450	0,1263	0,1507	0,0156	0,067
Всего за 88 дней перешло въ растворъ . .	0,4688	0,0378	18,1513	5,7514	0,9496	1,1282	0,0566	1,123

Выражая въ %:

	Перешло въ растворъ (въ %).							
	SiO_2	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O	Na_2O	SO_3
1. Черезъ 15 дней отъ начала опыта перешло въ растворъ.	2,16	2,51	42,11	54,33	14,13	14,11	4,21	23,31
2. Черезъ 30 дней перешло еще.	1,13	2,70	5,43	3,71	10,03	0,57	0,81	0,6
3. Черезъ 45 дней перешло еще.	0,88	1,14	7,22	3,20	6,22	0,63	2,00	1,1
4. Черезъ 65 дней перешло еще.	1,41	2,08	2,03	6,41	3,37	0,51	1,05	1,2
5. Черезъ 88 дней перешло еще.	2,06	2,13	6,04	3,01	5,18	2,44	3,07	1,6
Всего за 88 дней перешло въ растворъ	7,64	10,56	62,83	70,66	38,93	18,26	11,14	28,0

За то же время перешло въ растворъ изъ матеріала, непромываемаго водой:

	Въ грамм.	Въ %
SiO_2	1,1801	19,22
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$ . .	0,0968	26,89
CaO	19,4785	67,43
MgO	5,8054	71,32
P_2O_5	0,9779	40,08
K_2O	2,3014	37,24
Na_2O	0,0939	18,43
SO_3	1,4985	37,37

II. Опыты съ разлагающимся степнымъ сѣномъ.

A) T° = 38° C; влажность = 1/2 влагоемкости объекта.

	Изъ 1.000 ч. сух. вещ. перешло въ растворъ (въ грамм.).							
	SiO_2	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O	Na_2O	SO_3
1. Черезъ 19 дней отъ начала опыта перешло въ растворъ.	0,8475	0,0202	4,4086	2,4321	0,3135	1,6428	0,0103	0,2846
2. Черезъ 36 дней перешло еще.	0,6958	0,0049	0,7386	0,6436	0,0727	0,4031	0,0011	0,0785
3. Черезъ 51 день перешло еще.	0,6711	0,0048	0,5058	0,1431	0,0549	0,4282	0,0037	0,0757
4. Черезъ 66 дней перешло еще.	0,2028	0,0035	0,5360	0,2513	0,0646	0,5551	0,0011	0,0438
5. Черезъ 95 дней перешло еще.	0,1170	0,0055	0,4405	0,1011	0,0666	0,7548	0,0020	0,0453
Всего за 95 дней перешло въ растворъ	2,5342	0,0389	6,6295	3,5712	0,5723	3,7840	0,0182	0,5279

Выражая полученныя цифры въ %:

	Перешло въ растворъ (въ %).							
	SiO_2	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O	Na_2O	SO_3
1. Черезъ 19 дней отъ начала опыта перешло въ растворъ.	5,14	8,42	26,32	34,16	6,16	13,08	10,37	15,14
2. Черезъ 36 дней перешло еще.	4,22	2,08	4,41	9,04	1,43	3,21	1,12	4,18
3. Черезъ 51 день перешло еще.	4,07	2,00	3,02	2,01	1,08	3,41	3,71	4,03
4. Черезъ 66 дней перешло еще.	1,23	1,47	3,20	3,53	1,27	4,42	1,12	2,33
5. Черезъ 95 дней перешло еще.	0,71	2,32	2,63	1,42	1,31	6,01	2,04	2,41
Всего за 95 дней перешло въ растворъ	15,37	16,29	39,58	50,16	11,25	30,13	18,36	28,09

За то же время перешло въ растворъ изъ матеріала, непромываемаго водой:

	Въ грамм.	Въ %
SiO_2	2,8247	17,33
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$.	0,0538	22,42
CaO	12,2509	73,14
MgO	5,4418	76,43
P_2O_5	2,5078	49,27
K_2O	4,8242	38,41
Na_2O	0,0260	26,02
SO_3	0,7527	40,04

В) $T^\circ = 5—7^\circ$ C; влажность=полной влагоемкости объекта.

	Изъ 1.000 ч. сух. вещ. перешло въ растворъ (въ грамм.).							
	SiO_2	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O	Na_2O	SO_3
1. Черезъ 19 дней отъ начала опыта перешло въ растворъ.	0,6628	0,0077	5,8809	2,7860	0,6118	1,2710	0,0031	0,2485
2. Черезъ 36 дней перешло еще.	0,1170	0,0079	1,0569	0,7290	0,3634	0,2951	0,0022	0,0278
3. Черезъ 51 день перешло еще.	0,1055	0,0052	1,0117	0,3866	0,3064	0,3026	0,0031	0,0396
4. Черезъ 66 дней перешло еще.	0,3347	0,0024	0,6901	0,2285	0,1735	0,2022	—	0,0268
5. Черезъ 95 дней перешло еще.	0,1418	0,0048	0,9396	0,4293	0,2906	0,3768	0,0020	0,0575
Всего за 95 дней перешло въ растворъ	1,3618	0,0280	9,5792	4,5594	1,7457	2,4477	0,0104	0,4002

Выражая полученныя цифры въ %:

	Перешло въ растворъ (въ %).							
	SiO_2	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O	Na_2O	SO_3
1. Черезъ 19 дней отъ начала опыта перешло въ растворъ.	4,02	3,24	35,11	39,13	12,02	10,12	3,15	13,22
2. Черезъ 36 дней перешло еще.	0,71	3,32	6,31	10,24	7,14	2,85	2,21	1,48
3. Черезъ 51 день перещло еще.	0,64	2,18	6,04	5,43	6,02	2,41	3,17	2,11
4. Черезъ 66 дней перешло еще.	2,03	1,04	4,12	3,21	3,41	1,61	—	1,43
5. Черезъ 95 дней перешло еще.	0,86	2,02	5,61	6,03	5,71	3,00	2,08	3,06
Всего за 95 дней перешло въ растворъ	8,26	11,80	57,19	64,04	34,30	19,49	10,61	21,30

За то же время перешло въ растворъ изъ матеріала, непромываемаго водой:

	Въ граммахъ.	Въ %
SiO_2	2,0315	12,32
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$.	0,0457	19,05
CaO	10,7937	64,44
MgO	4,7974	67,38
P_2O_5	1,9550	38,41
K_2O	2,5207	20,07
Na_2O	0,0194	19,45
SO_3	0,5482	29,16

C) T°=25° C; влажность=1/10 влагоемкости объекта.

	Изъ 1.000 ч. сух. вещ. перешло въ растворъ (въ грамм.).							
	SiO_2	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O	Na_2O	SO_3
1. Черезъ 19 дней отъ начала опыта перешло въ растворъ.	0,6793	0,0055	5,4320	2,5916	0,5665	1,2760	0,0031	0,2280
2. Черезъ 36 дней перешло еще.	0,1352	0,0082	0,9396	0,5788	0,3262	0,1419	0,0030	0,0195
3. Черезъ 51 день перешло еще.	0,0923	0,0049	1,2009	0,5275	0,4087	0,1796	0,0014	0,0266
4. Черезъ 66 дней перешло еще.	0,0626	0,0072	0,5876	0,4371	0,3685	0,3039	0,0031	0,0409
5. Черезъ 95 дней перешло еще.	0,1500	0,0051	1,0552	0,5062	0,2804	0,1298	0,0021	0,0197
Всего за 95 дней перешло въ растворъ	1,1194	0,0309	9,1653	4,6412	1,9503	2,0307	0,0127	0,3347

Или, выражая полученныя цифры въ %:

	Перешло въ растворъ (въ %).							
	SiO_2	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O	Na_2O	SO_3
1. Черезъ 19 дней отъ начала опыта перешло въ растворъ.	4,12	2,32	32,43	36,40	11,13	10,16	3,16	12,13
2. Черезъ 36 дней перешло еще.	0,82	3,43	5,61	8,13	6,41	1,13	3,01	1,04
3. Черезъ 51 день перешло еще.	0,56	2,05	7,17	7,41	8,03	1,43	1,43	1,42
4. Черезъ 66 дней перешло еще.	0,38	3,01	3,21	6,14	7,24	2,42	3,16	2,18
5. Черезъ 95 дней перешло еще.	0,91	2,16	6,30	7,11	5,51	1,03	2,17	1,05
Всего за 95 дней перешло въ растворъ	6,79	12,97	54,72	65,19	38,32	16,17	12,93	17,82

За то же время перешло въ растворъ изъ матеріала, непромываемаго водой:

	Въ грамм.	Въ %
SiO_2	2,0365	12,35
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$.	0,0412	17,19
CaO	10,2024	60,91
MgO	4,5689	64,17
P_2O_5	2,0013	39,32
K_2O	2,2243	17,71
Na_2O	0,0154	15,42
SO_3	0,5510	29,31

Попытаемся теперь сдѣлать изъ вышеприведенныхъ аналитическихъ данныхъ нѣкоторыя заключенія и обобщенія:

1) Обращая прежде всего вниманіе на то количество минеральныхъ соединеній, которое переходитъ въ водную вытяжку изъ свѣжихъ, неподвергавшихся еще разложенію, растительныхъ остатковъ,— мы можемъ видѣть, что взятые для опытовъ объекты содержатъ въ себѣ такихъ водно-растворимыхъ соединеній довольно значительное количество. Для большей наглядности, представимъ эти цифры въ болѣе конкретной формѣ, подобно тому, какъ мы сдѣлали это по отношенію къ соединеніямъ органическаго характера (гл. II).

Мы видѣли (см. гл. I), что ежегодный отпадъ листвы въ лиственныхъ насажденіяхъ можно, согласно Ebermayer'у, считать равнымъ приблизительно 4182 kgr. на гектаръ.

Въ этихъ мертвыхъ растительныхъ остаткахъ будетъ, слѣдовательно, заключаться такое количество водно-растворимыхъ соединеній (въ круглыхъ цифрахъ) [1]:

SiO_2	около	0,4	kgr.	на 1	десятину.
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$ . . .	„	—	„	„	„
CaO	„	7	„	„	„
MgO	„	6	„	„	„
P_2O_5	„	1	„	„	„
K_2O	„	3	„	„	„
Na_2O	„	—	„	„	„
SO_3	„	3,5	„	„	„

---

[1]) Предполагая, что мы имѣемъ дѣло съ чистымъ березовымъ насажденіемъ.

Принимая, далѣе, урожай степныхъ травъ равнымъ, въ среднемъ, 3500 kgr. на 1 дес. (возд. — сух.) — мы можемъ видѣть, что первыми же осенними дождями въ почву можетъ вмываться изъ нихъ слѣдующее количество различныхъ зольныхъ веществъ:

SiO_2	около	1,8	kgr.	на 1	десятину.
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$ . . .	„	—	„	„	„
CaO	„	2	„	„	„
MgO	„	3	„	„	„
P_2O_5	„	0,8	„	„	„
K_2O	„	4	„	„	„
Na_2O	„	—	„	„	„
SO_3	„	0,8	„	„	„

Не забудемъ, что вышеприведенныя цифры характеризуютъ лишь то количество минеральныхъ соединеній въ данныхъ растительныхъ остаткахъ, которое отдается уже первымъ порціямъ атмосферныхъ осадковъ свѣжимъ, неподвергавшимся разложенію, матеріаломъ. Послѣдующее же дѣйствіе осадковъ на начавшіе уже разлагаться объекты будетъ сопровождаться, какъ мы видѣли это выше, несравненно, конечно, болѣе энергичнымъ выносомъ большинства заключающихся въ этихъ остаткахъ зольныхъ веществъ.

Кромѣ того, въ первомъ изъ разсматриваемыхъ случаевъ, мы не принимаемъ совершенно во вниманіе ту, часто богатѣйшую, растительность, которая ютится подъ пологомъ древесныхъ породъ, и которая представляетъ собой, конечно, также весьма большой источникъ тѣхъ же соединеній; во второмъ—игнорируемъ корневую систему, которая, какъ мы знаемъ изъ нашихъ прежнихъ опытовъ, является именно наиболѣе богатымъ источникомъ удобоподвижныхъ минеральныхъ (и органическихъ) соединеній. Эти соображенія заставляютъ насъ признать, что въ естественныхъ условіяхъ, процессъ вмыванія водно-растворимыхъ минеральныхъ соединеній въ почву изъ отмершихъ растительныхъ остатковъ совершается въ гораздо

болѣе обширномъ масштабѣ, чѣмъ то представляютъ наши вышеприведенныя цифры. Прибавимъ къ сказанному, что процессы эти идутъ регулярно, изъ года въ годъ, и, суммируясь, дѣйствительно, должны быть въ силу этого признаны однимъ изъ важнѣйшихъ факторовъ почвообразованія: достаточно хотя бы указать на возможность, въ самыхъ широкихъ размѣрахъ, качественнаго и количественнаго перераспредѣленія при этомъ составныхъ частей почвы по различнымъ горизонтамъ, вызываемаго указанными выше, періодически повторяющимися, процессами вмыванія въ нее растворимыхъ зольныхъ продуктовъ. Качественное перераспредѣленіе надо понимать въ томъ смыслѣ, что растительный организмъ кислотными выдѣленіями своихъ корней можетъ переводить въ свое тѣло цѣлый рядъ трудно-растворимыхъ, или даже совершенно нерастворимыхъ въ водѣ минеральныхъ соединеній почвы, послѣ же своей смерти возвращать ихъ въ извѣстной части, съ первыми же дождями, обратно почвѣ,—но уже въ видѣ легко-подвижныхъ, растворимыхъ формъ. Съ этой точки зрѣнія, роль растительности въ процессахъ вывѣтриванія, къ сожалѣнію, совершенно еще не была подвергнута учету. Количественное же перераспредѣленіе составныхъ частей почвы по различнымъ ея горизонтамъ, можетъ имѣть мѣсто въ природныхъ условіяхъ уже въ силу того, что, напр., тѣ растенія, которыя извлекаютъ себѣ питательныя вещества изъ болѣе глубокихъ слоевъ почвы, послѣ своего отмиранія, обогащаютъ ими, главнымъ образомъ, именно верхніе горизонты послѣдней. Сочетываясь обычно вмѣстѣ, оба упомянутыхъ процесса могутъ внести, въ короткій сравнительно срокъ, въ качественный и количественный составъ почвы глубокія измѣненія.

Если, напр., представить себѣ такой случай, что питательныя вещества, извлекаемыя длиннокорными растеніями изъ глубокихъ горизонтовъ почвы и накопляющіяся, послѣ отмиранія растительности, въ болѣе поверхностныхъ, не будутъ

въ состояніи снова достигнуть глубокихъ слоевъ почвы — въ силу-ли поглотительной способности послѣдней, или въ силу опредѣленныхъ физическихъ свойствъ ея (напр., сильной плотности), или, наконецъ, въ силу тѣхъ или другихъ метеорологическихъ условій (сильнаго испаренія выпадающихъ осадковъ, малаго количества ихъ и пр.), то мы можемъ встрѣтиться въ природѣ съ такимъ случаемъ, когда данная растительность, спустя извѣстный промежутокъ времени, будетъ вымирать и гибнуть — въ силу подготовляемаго ею самою обѣднѣнія глубокихъ горизонтовъ почвы тѣми веществами, которыя являются для нея необходимыми, и уступать мѣсто уже другимъ растительнымъ формаціямъ.

Къ такому именно объясненію прибѣгъ я въ 1906 г., когда высказалъ свое предположеніе объ истинныхъ причинахъ усыханія и поголовной гибели Велико-Анадольскихъ лѣсныхъ посадокъ [1]). Здѣсь, конечно, не мѣсто входить въ подробное разсмотрѣніе даннаго частнаго вопроса. Это отвлекло-бы насъ отъ главнаго предмета настоящаго изложенія. Я ограничусь только цитированіемъ основныхъ выводовъ, полученныхъ мною въ указанной области; они явятся не лишней иллюстраціей ко всѣмъ тѣмъ соображеніямъ, которыя только что были нами высказаны по поводу возможной роли мертвыхъ растительныхъ остатковъ въ процессахъ качественнаго и количественнаго перераспредѣленія удобоусвояемыхъ питательныхъ веществъ по различнымъ горизонтамъ почвы.

Выводы эти слѣдующіе: на основаніи произведенныхъ мною химическихъ анализовъ почвъ и грунтовъ Велико-Анадольскаго Лѣса и сосѣдней степи надо предположить, что одной изъ воз-

---

[1]) „Химическія свойства почвъ и грунтовъ Велико-Анадольскаго Лѣсничества въ связи съ гибелью лѣсныхъ посадокъ" („Труды опытныхъ Лѣсничествъ", 1907); см. также „Журн. Оп. Агр"., 1908 г. („Изслѣдованія въ области изученія причинъ усыханія искусственныхъ лѣсныхъ насажденій въ степи").



можныхъ причинъ гибели, въ извѣстномъ возрастѣ, искусственныхъ насажденій является крайне незначительное количество (а иногда и полное отсутствіе) въ глубокихъ горизонтахъ почвы P_2O_5, и N (частью и K_2O). Явленіе это, какъ показали соотвѣтствующія изслѣдованія, представляется явленіемъ вторичнымъ, вызываемымъ въ степныхъ грунтахъ уже поселившимся лѣсомъ, и наблюдается лишь въ тѣхъ пунктахъ, гдѣ, въ силу-ли особаго рельефа, или въ силу особыхъ физическихъ свойствъ почвы и грунта, или, наконецъ, въ силу особыхъ метеорологическихъ условій, можно ожидать присутствія „мертваго горизонта изсушенія". Явленіе это представляетъ собой результатъ систематическаго, ежегоднаго истощенія лѣсомъ питательныхъ веществъ глубокихъ горизонтовъ почвы: отнимая ежегодно отъ послѣднихъ громадныя количества питательныхъ веществъ, лѣсной массивъ часть ихъ скопляетъ въ своей листвѣ; послѣдняя, съ окончаніемъ вегетаціоннаго періода, опадаетъ на поверхность почвы, унося съ собой весьма значительное количество различныхъ зольныхъ (и органическихъ, конечно) составныхъ частей. Эти послѣднія, въ извѣстной своей части, обратно вмываются въ почвенные горизонты. Въ тѣхъ районахъ, гдѣ сквозного промачиванія грунта нѣтъ („мертвый горизонтъ изсушенія" Высоцкаго), тамъ всѣ эти продукты вмываются лишь до опредѣленной границы, не достигая глубоко распространяющихся частей корня. Въ этомъ случаѣ мы встрѣчаемся съ явленіемъ ежегодно увеличивающагося истощенія глубокихъ горизонтовъ почвы, влекущимъ за собой неизбѣжно и гибель лѣсныхъ насажденій. Тѣ-же пункты, гдѣ по тѣмъ или другимъ условіямъ, можно ожидать сквозного промачиванія (вершины впадинокъ, котловинки и пр.) мы должны признать лѣсопригодными: тамъ лѣсной массивъ, истощая ежегодно глубокіе горизонты почвы питательными веществами, самъ-же себя ежегодно, такъ сказать, и удобряетъ. Аналогичный процессъ мы наблюдаемъ въ лѣсной и лѣсо-степной области.

Разсмотрѣнное явленіе гибели искусственныхъ лѣсонасажденій въ степи даетъ намъ, такимъ образомъ, одинъ изъ рѣзкихъ примѣровъ, иллюстрирующихъ значеніе въ жизни растеній водно-растворимыхъ зольныхъ соединеній, содержащихся въ отмирающихъ растительныхъ остаткахъ.

Теперь вернемся къ цифрамъ нашихъ анализовъ, приведенныхъ выше и займемся тѣми минеральными соединеніями, которыя выщелачиваются водой уже изъ разлагающихся при различныхъ условіяхъ растительныхъ матеріаловъ.

2) Какимъ образомъ отражаются на процессахъ отщепленія водорастворимыхъ зольныхъ соединеній изъ растительныхъ остатковъ различныя комбинаціи увлаженія и тепла?

Во II-й главѣ настоящей работы, разсматривая количества органическихъ соединеній, переходящихъ въ водный растворъ при различныхъ условіяхъ разложенія растительной массы—мы одновременно указали на общія суммарныя количества также и минеральныхъ веществъ, отщепляющихся при этихъ процессахъ, и на основаніи всѣхъ этихъ данныхъ старались такъ или иначе нарисовать себѣ общую схему процессовъ разложенія взятыхъ для опыта объектовъ. Однако, эти общія суммарныя количества переходящихъ въ растворъ зольныхъ соединеній не могутъ, конечно, дать намъ возможности болѣе глубоко и детально вникнуть въ самое теченіе изучаемаго процесса.

Приведенные выше анализы водныхъ вытяжекъ даютъ намъ возможность разсмотрѣть интересующій насъ вопросъ именно по отдѣльнымъ соединеніямъ.

А) Обратимъ прежде всего вниманіе на тѣ растительные матеріалы, которые систематически, черезъ извѣстные промежутки времени, промывались водой. И по отношенію къ березовой листвѣ и къ сѣну—мы встрѣчаемся здѣсь съ одной и той-же характерной картиной: весьма сильнымъ

сравнительно выщелачиваніемъ въ опытахъ І-й категоріи ($t=38^{\circ}$; влажность$=1/2$ влагоемкости) SiO_2, полуторныхъ окисловъ, SO_3, Na_2O и K_2O по сравненію съ опытами II и III категорій и весьма ощутительнымъ, наоборотъ, закрѣпленіемъ P_2O_5 а также и щелочно-земельныхъ окисловъ. Сравнивая-же между собою данныя, полученныя по отношенію къ двумъ послѣднимъ категоріямъ (II и III) — мы подмѣчаемъ вообще нѣсколько большее количество всѣхъ водно-растворимыхъ соединеній именно въ условіяхъ низкой t° и полной влагоемкости (кат. II) по сравненію съ условіями другого опыта, шедшаго при болѣе высокой t° (25° C) и болѣе низкой влажности ($=1/10$ влагоемкости). Сказанное относится также къ P_2O_5 и щелочно-земельнымъ окисламъ.

Такимъ образомъ, въ optim'альныхъ условіяхъ разложенія, растительный матеріалъ отдавалъ водѣ весьма большія количества минеральныхъ соединеній, что указываетъ на энергично шедшіе при этомъ процессы распада органическихъ веществъ, но вмѣстѣ съ тѣмъ, въ этихъ-же условіяхъ совершается въ разлагающейся массѣ, оказывается, и наиболѣе энергичное закрѣпленіе P_2O_5 и щелочно земельныхъ окисловъ. Останавливаться на этомъ фактѣ мы уже не будемъ: мы его разбирали нѣсколько выше. Укажу только, что въ описываемыхъ сейчасъ опытахъ мы встрѣчаемся еще съ однимъ вѣскимъ доказательствомъ въ пользу именно біологическаго характера этого интереснаго явленія.

Что касается вопроса, какимъ образомъ отразились на количествѣ переходящихъ въ растворъ зольныхъ соединеній—двѣ другихъ комбинаціи условій тепла и увлажненія, то, какъ мы видѣли, на основаніи нѣсколько большихъ количествъ упомянутыхъ соединеній въ опытахъ II-ой категоріи (низкая t° и полная влагоемкость), можно было-бы предположить о болѣе энергичномъ въ этихъ условіяхъ ходѣ распада органическихъ веществъ, чѣмъ въ условіяхъ болѣе высокой t° ($=25^{\circ}C$) и

низкой влажности (= 1/10 влагоемкости). Но едва-ли такое предположеніе являлось бы правильнымъ. Какъ я на это указалъ нѣсколько выше (при разсмотрѣніи вопроса о вліяніи различной влажности на процессы минерализаціи), — доводя растительный матеріалъ до полной влагоемкости, мы создаемъ весьма благопріятныя условія для прямого непосредственнаго растворенія его водой, такъ какъ при этомъ получаются условія почти совершенной заболоченности. Факторъ этотъ, при обсужденіи даннаго вопроса, нельзя не принимать во вниманіе. И съ этой-то точки зрѣнія—мы должны скорѣй удивляться тому ничтожному сравнительно увеличенію растворимыхъ соединеній, которое открывается анализомъ въ водныхъ вытяжкахъ опытовъ II-ой категоріи, а потому можемъ съ большой долей вѣроятія предположить, наоборотъ, о болѣе угнетенномъ ходѣ процессовъ минерализаціи въ этихъ условіяхъ — сравнательно съ условіями болѣе высокой t° и болѣе низкой влажности. Въ противномъ случаѣ—болѣе энергичный ходъ процессовъ минерализаціи, суммируясь съ непосредственнымъ растворяющимъ дѣйствіемъ воды, долженъ былъ-бы дать совершенно иную картину — въ смыслѣ весьма большой разницы въ количествѣ водно-растворимыхъ зольныхъ соединеній въ обоихъ случаяхъ. Что касается въ частности P_2O_5 и щелочно-земельныхъ окисловъ, показавшихъ такое интересное соотношеніе въ опытахъ I категоріи, то въ данномъ разбираемомъ случаѣ по этому вопросу надо дать отвѣтъ отрицательный: въ опытахъ II и III категоріи соединенія эти подчиняются участи другихъ минеральныхъ соединеній, и о большемъ или меньшемъ закрѣпленіи ихъ въ томъ или другомъ случаѣ говорить не приходится. Это впрочемъ и понятно, если вспомнить, въ какихъ неблагопріятныхъ (для біологическихъ процессовъ) условіяхъ находился разлагающійся растительный матеріалъ: съ одной стороны

низкая t° и почти полная заболоченность [1]), съ другой—довольно благопріятныя условія тепла, но крайне низкая влажность.

В) Если мы теперь обратимъ вниманіе на анализы, относящіеся къ тѣмъ растительнымъ матеріаламъ, которые водой въ теченіе всего времени опытовъ не промывались, то, сравнивая цифры этихъ послѣднихъ опытовъ съ соотвѣтствующими цифрами только что разобранныхъ выше данныхъ, мы прежде всего констатируемъ тотъ фактъ, что объекты, непромываемые водой, дали въ конечномъ результатѣ гораздо большія количества растворимыхъ въ водѣ минеральныхъ соединеній. Этотъ фактъ одинаково повторяется во всѣхъ трехъ категоріяхъ опытовъ и по отношенію къ обоимъ взятымъ растительнымъ матеріаламъ. Такимъ образомъ, и въ описанныхъ опытахъ, шедшихъ притомъ при довольно разнообразныхъ внѣшнихъ условіяхъ—мы снова видимъ подтвержденіе того факта, что въ условіяхъ продолжительнаго соприкосновенія продуктовъ разложенія между собою и съ разлагающимся матеріаломъ—процессъ минерализаціи органическихъ веществъ идетъ значительно энергичнѣй и глубже, чѣмъ въ условіяхъ систематическаго промыванія разлагающагося матеріала водой, когда, слѣдовательно, продукты этого разложенія все время выходятъ изъ среды взаимодѣйствія другъ съ другомъ и съ разлагающимся матеріаломъ. Одна изъ возможныхъ причинъ такого явленія, какъ мы знаемъ, заключается въ томъ, что при начавшемся разложеніи растительнаго матеріала, вода, въ первые же періоды, извлекаетъ изъ послѣдняго весьма большія количества основаній (главнымъ образомъ, CaO и MgO) и, такимъ образомъ, способствуетъ

---

[1]) Если въ описанныхъ нѣсколько выше опытахъ студ. Аболенскаго мы замѣчали нѣкоторое закрѣпленіе P_2O_5 и въ условіяхъ полной заболоченности растительнаго матеріала, то не забудемъ, что тамъ t° была равной 17° — 19° C.; здѣсь-же мы имѣемъ какъ разъ комбинацію обоихъ неблагопріятныхъ факторовъ (и t° и влаги).

накопленію въ разлагающейся массѣ кислыхъ продуктовъ, которые угнетающе дѣйствуютъ на дальнѣйшій ходъ правильной ея минерализаціи.

Сопоставляя теперь цифры анализовъ, относящіяся къ непромываемымъ водой матеріаламъ по всѣмъ тремъ категоріямъ опытовъ, мы можемъ подмѣтить, во-1-хъ, что въ условіяхъ optim'альной t° и optim'альной влажности, совершается сравнительно съ другими сочетаніями этихъ двухъ факторовъ, энергичнѣйшее отщепленіе растворимыхъ зольныхъ веществъ, причемъ факта закрѣпленія какого-либо соединенія здѣсь совершенно не наблюдается, и во-2-хъ, что, въ условіяхъ опытовъ II-ой категоріи (низкая t° и избыточная влажность), количества упомянутыхъ веществъ настолько незначительно превосходятъ соотвѣтствующія количества въ опытахъ III-ей категоріи (t° = 25°, влажность = 1/10 влагоемкости), что, принимая во вниманіе высказанныя нѣсколько выше соображенія о необходимости учитывать при разсмотрѣніи цифръ относящихся до опытовъ II-ой категоріи, и непосредственное растворяющее дѣйствіе самой воды [1]), едва ли будетъ ошибкой высказать предположеніе, что на послѣднемъ мѣстѣ по энергіи распада органическихъ веществъ надо поставить именно обстановку опытовъ II-ой категоріи, т.-е., комбинацію низкой t° съ недостаточнымъ увлажненіемъ.

Какимъ же образомъ объяснить себѣ теперь тотъ фактъ, что случаи закрѣпленія P_2O_5 или вообще какихъ-либо другихъ зольныхъ соединеній при разлагающемся матеріалѣ наблюдаются лишь въ томъ случаѣ, когда матеріалъ этотъ систематически промывается водой? Почему тѣхъ же самыхъ явленій мы не видимъ въ разлагающихся массахъ, не испытывающихъ повторныхъ промываній? Казалось бы, что разъ процессы закрѣпленія тѣхъ или другихъ соединеній мы готовы отнести

[1]) Напомню, что избыточное увлажненіе матеріала создаетъ какъ бы длительную водную вытяжку изъ него.



къ явленіямъ біологическаго характера, то въ дѣйствительности мы должны были бы встрѣтиться именно съ обратнымъ случаемъ, а именно наличностью закрѣпленія ихъ въ растительныхъ массахъ, непромываемыхъ, и отсутствіемъ этого явленія въ объектахъ, систематически промываемыхъ (слѣдов.,—накопляющихъ въ себѣ кислые продукты, угнетающіе біологическіе процессы). Дать однако какой-либо опредѣленный отвѣтъ на данный вопросъ не представляется пока возможнымъ. Непосредственное изученіе процессовъ минерализаціи органическаго вещества слишкомъ мало еще подвинуто впередъ, чтобы можно было бы совершенно ясно и точно нарисовать себѣ ту сложную, съ точки зрѣнія химической и біологической, картину, которая открывается намъ при ближайшемъ изученіи этихъ интереснѣйшихъ процессовъ. Быть можетъ, въ растительныхъ массахъ, не испытывающихъ сквозного промыванія, процессъ распада, вообще говоря, идетъ съ такой энергіей (и это наглядно доказано нашими прежними опытами), что регенераціонныя явленія не имѣютъ возможности въ такой средѣ фиксироваться и совершаются, въ силу этого, лишь мимолетнымъ такъ сказать, образомъ. Какъ извѣстно, въ навозѣ, напр., процессы закрѣпленія въ тѣлѣ микроорганизмовъ азота, и временное, такимъ образомъ, пониженіе удобоусвояемости его для высшихъ растеній, также представляются процессами обычными, но достаточно поставить эту массу въ условія благопріятныя для энергичнаго ея разложенія, чтобы явленія регенераціи бѣлковыхъ веществъ уступили мѣсто процессамъ усиленнаго распада ихъ. Весьма возможно, поэтому что если бы мы слѣдили за процессами минерализаціи непромываемыхъ водой растительныхъ объектовъ по возможности въ самые короткіе промежутки времени (по днямъ и даже, быть можетъ, по часамъ), то имѣли бы возможность наблюдать и въ данномъ случаѣ временныя регенераціонныя явленія. Что же касается растительныхъ объектовъ, испытывающихъ систематическое промываніе водой, то, правда біоло-

гическіе процессы въ такой средѣ идутъ нѣсколько болѣе замедленнымъ темпомъ (въ силу образованія кислыхъ продуктовъ), но, во-1-хъ, и процессы химическаго распада въ ней органическихъ веществъ совершаются, какъ показали наши прежніе опыты, также сравнительно очень слабо, а во-2-хъ, о полномъ прекращеніи въ этихъ условіяхъ біологическихъ процессовъ не можетъ быть, конечно, и рѣчи: по крайней мѣрѣ богатѣйшая флора плѣсневыхъ грибковъ, всегда наблюдаемая въ этихъ случаяхъ, указываетъ намъ на полную возможность регенераціонныхъ явленій и въ данной обстановкѣ.

Наконецъ, въ интересующемъ насъ явленіи замѣшанъ цѣлый рядъ и чисто химическихъ реакцій: возможность образованія различныхъ нерастворимыхъ органо-минеральныхъ соединеній, въ составъ которыхъ входитъ, между прочимъ, P_2O_5, а также нерастворимыхъ солей извести и желѣза и пр. и пр. Ближайшее изученіе всѣхъ этихъ сложнѣйшихъ процессовъ, совершающихся въ разлагающейся растительной массѣ, потребуетъ еще не мало совмѣстныхъ трудовъ химиковъ и бактеріологовъ.

До сихъ поръ, при изученіи тѣхъ органическихъ и минеральныхъ соединеній, которыя выщелачиваются водой изъ свѣжихъ и разлагающихся растительныхъ остатковъ, мы смотрѣли на эти водно-растворимыя соединенія, главнымъ образомъ, какъ на источникъ возможнаго обогащенія почвы органическими и зольными веществами.

Несомнѣнно, однако, что вмываемыя въ почву, вмѣстѣ съ атмосферными осадками, соединенія эти производятъ одновременно тамъ цѣлый рядъ и противоположныхъ реакцій, а именно — растворяютъ имѣющіяся въ почвѣ составныя части, уносятъ ихъ въ болѣе глубокіе горизонты, вступаютъ съ ними въ реакціи обмѣннаго разложенія, такъ или иначе воздѣйствуютъ на перегнойныя соединенія почвы и пр. Характеръ этихъ реакцій, а также количественная ихъ сто-

рона, всецѣло зависитъ отъ цѣлаго ряда привходящихъ условій: характера почвы, состава притекающихъ сверху растворовъ, количества и состава отмирающей растительности, характера разложенія послѣдней, метеорологическихъ условій и пр. и пр.

Въ послѣдующей главѣ мы представимъ тѣ данныя, которыя имѣются у насъ сейчасъ въ рукахъ, и которыя касаются одной изъ сторонъ этого обширнаго и интереснаго вопроса, а именно — той роли, которую могутъ играть отмирающіе растительные остатки въ деградаціонныхъ процессахъ почвы.

ГЛАВА IV.

Растительные остатки, какъ источникъ деградаціонныхъ явленій въ почвѣ.

Литература этого вопроса. Вліяніе химическаго состава растительныхъ остатковъ на процессы деградаціи (опыты съ листьями дуба и суглинистымъ черноземомъ). Процессы оподзоливанія поверхностныхъ горизонтовъ у суглинистыхъ и супесчаныхъ почвъ. О процессахъ деградаціи въ различныхъ типахъ почвъ (опыты съ суглинистымъ черноземомъ, съ деградированнымъ черноземомъ, съ сѣрымъ лѣснымъ суглинкомъ и съ подзолистой суглино-супесью). Выводы и заключенія.

Благодаря дружной работѣ, главнымъ образомъ, русскихъ почвовѣдовъ — явленія деградаціи, наблюдаемыя въ природѣ, въ естественныхъ условіяхъ, описаны довольно полно и подробно. Сущность этого процесса по отношенію въ частности къ чернозему, рисуется обычно въ слѣдующемъ видѣ [1]): при заростаніи чернозема лѣсомъ, послѣдній вноситъ въ поверхностные горизонты этой почвы лучшія условія увлажненія (въ силу меньшей испаряемости, болѣе лучшей утилизаціи талыхъ водъ и пр.); въ силу этого — процессы разложенія степного гумуса начинаютъ итти болѣе энергичнымъ темпомъ, что ве-

[1]) Любопытно, что деградированные черноземы для Западной Европы указаны и описаны впервые, если не ошибаемся, русскимъ же изслѣдователемъ—проф. Н. Богословскимъ (см. „Почвовѣдѣніе“, 1902, № 4).

детъ за собой неизбѣжно освѣтлѣніе гумусовыхъ горизонтовъ чернозема. Предполагается при этомъ, что разложеніе органическихъ веществъ въ данномъ случаѣ идетъ до стадіи, главнымъ образомъ, креновой кислоты, которая, обладая, большой подвижностью, вмѣстѣ съ тѣмъ энергично растворяетъ минеральные элементы почвенной массы. Въ результатѣ—на ряду съ уничтоженіемъ запасовъ гумуса данной почвы идетъ и оподзоливаніе поверхностныхъ горизонтовъ ея. Короче говоря, типъ почвообразованія здѣсь рисуется аналогичнымъ тѣмъ процессамъ, которые мы наблюдаемъ, въ болѣе рѣзкихъ формахъ, у почвъ подзолистыхъ.

Необходимо однако указать, что если строеніе деградированныхъ почвъ и цѣлый рядъ другихъ морфологическихъ ихъ особенностей, а также районъ ихъ распространенія и пр. описаны, можно сказать, съ достаточной подробностью, то съ экспериментальной стороны, вопросъ о сущности деградаціи остается до настоящаго времени почти и не затронутымъ. Если не считать извѣстной работы г. Костычева: „Образованіе и свойства чернозема“ [1]), гдѣ авторъ стремился рѣшить данный вопросъ именно опытнымъ путемъ, а также опубликованныхъ въ 1908 г. моихъ, болѣе или менѣе аналогичныхъ, опытовъ въ этой же области [2]), то другихъ какихъ-либо указаній экспериментальнаго характера въ интересующей насъ области—мы совершенно не имѣемъ.

Впрочемъ, частный вопросъ о томъ, что въ условіяхъ лучшаго увлажненія (вносимаго, напр., лѣсомъ въ степную почву) должны накопляться именно болѣе подвижныя перегнойныя кислоты (апокреновая и креновая), которыя и влекутъ за собой, разсуждая теоретически,—по аналогіи съ дѣйствіемъ дру-

---

[1]) „Труды С.-Петербург. Общества Естествоиспытателей“, 1889, XX, стр. 153—155.

[2]) „Матер. къ изученію процессовъ разложенія растит. остатковъ въ почвѣ“, 1908, стр. 100—128.

гихъ органическихъ кислотъ, — деградаціонныя явленія въ почвѣ, находитъ себѣ нѣкоторое подтвержденіе въ опытахъ Козловскаго [1]), Лесневскаго [2]), Грачева [3]), Налетова [4]), Добровольскаго [5]), Захарова [6]) и др. [7]), но прямого отношенія къ разсматриваемому нами вопросу — работы эти не имѣютъ и непосредственнаго отвѣта на него не даютъ.

Значительно болѣе исчерпывающія данныя въ этой области получены были, какъ мы видѣли, въ нашей лабораторіи г. Одинцовымъ. Опыты эти подробно изложены нами во II-й главѣ. Напомню, что они даютъ уже болѣе или менѣе опредѣленный и непосредственный отвѣтъ на вопросъ, какія, именно, изъ перегнойныхъ кислотъ образуются при различныхъ условіяхъ разложенія растительныхъ остатковъ.

Что касается, наконецъ, ближайшаго изученія тѣхъ реакцій, которыя происходятъ въ почвѣ подъ воздѣйствіемъ упомянутыхъ выше подвижныхъ перегнойныхъ кислотъ, то, какъ извѣстно, въ этой области мы до сихъ поръ не имѣемъ никакихъ опытныхъ данныхъ [8]), и вопросъ этотъ приходится рѣшать лишь по аналогіи съ другими органическими или минеральными кислотами. Всестороннее экспериментальное изученіе сущности процесса деградаціи и построеніе вполнѣ научнаго

---

[1]) „Матер. по изученію русскихъ почвъ“, вып. VIII.

[2]) „Записки Ново-Алекс. Инст. Сельск. Хоз. и Лѣсов.“, Т. X, вып. 2.

[3]) „Журн. Оп. Агрономіи“, 1902, III.

[4]) „Матер. по изученію русскихъ почвъ“, вып. XIII.

[5]) Ibid., вып. XIII.

[6]) „Почвенные растворы; роль ихъ въ почвообразованіи“... etc. (Журн. Оп. Агр., 1906, IV).

[7]) Въ нашей лабораторіи недавно закончена аналогичная работа студ. Цвѣткова, касающаяся того же вопроса. Опубликована она будетъ въ XXI вып. „Мат. по изуч. русск. почвъ“.

[8]) Относительно гуминовой кислоты и ея солей—дѣло стоитъ нѣсколько иначе, и мы имѣемъ въ настоящее время не мало работъ, довольно подробно выясняющихъ намъ реакціи, которыя происходятъ въ почвѣ подъ воздѣйствіемъ упомянутыхъ соединеній (см. литературу у К. Глинки: „Изслѣдованія въ области изученія процессовъ вывѣтриванія“).

объясненія его—представляетъ собой въ высшей степени интересную, но вмѣстѣ съ тѣмъ и очень сложную задачу будущаго. Съ этой точки зрѣнія надо горячо привѣтствовать всякую лишнюю попытку такъ или иначе освѣтить этотъ вопросъ опытнымъ путемъ.

Попытку экспериментальнымъ путемъ вызвать искусственную деградацію чернозема произвелъ впервые, какъ я сказалъ выше, проф. Костычевъ [1]).

Черноземная почва (Екатеринославск. губ.) помѣщена была въ 2 цилиндрическіе сосуда слоемъ въ 6 д.; почвы взято было 3 kgr. Въ одномъ сосудѣ она была закрыта слоемъ дубовыхъ опавшихъ листьевъ въ количествѣ 150 gr. Послѣ этого почва поливалась водой въ такомъ количествѣ, чтобы она не могла задержать всей воды, но чтобы часть послѣдней проходила въ поставленные снизу стаканы. Всего для поливки употреблено: для чернозема съ покровомъ изъ листьевъ 10,100 c. c., для почвы же безъ покрова 10,125 c. c.

Въ поставленные снизу стаканы фильтровались совершенно безцвѣтные растворы, изъ которыхъ вскорѣ осѣдало бѣлое вещество (углекислая известь, выщелачиваемая изъ листьевъ и почвы—въ видѣ двууглекислой соли). Опытъ продолжался годъ. Вода прошедшая черезъ почву, выпаривалась и твердый остатокъ подвергался анализу.

При этомъ найдено:

	Въ сухой почвѣ %.	Въ растворѣ (gr.). Съ листвен. покров.	Безъ покр.
Органич. вещ.	8,461	—	—
Химич. связ. воды	3,257	—	—
Потеря при прок.	11,718	1,9012	1,2530
Растворилось въ соляной кисл.:			
SiO_2	16,508	0,3128	0,1705
Al_2O_3	6,337	0,2704 (Al_2O_3 + Fe_2O_3)	0,0204 (Al_2O_3 + Fe_2O_3)
Fe_2O_3	4,984		

[1]) „Тр. СПБ. Общ. Естествоисп.“ 1889, XX, стр. 153—155.

	Въ сухой почвѣ %.	Въ растворѣ (gr.). Съ листвен. покров.	Безъ покр.
Mn_2O_3	0,234	0,1018	0,0219
CaO	2,088	1,3569	1,7618
MgO	1,715	1,3483	0,3667
K_2O	0,736	0,0726	0,0496
Na_2O	0,103	0,0654	0,0593
P_2O_5	0,168	0,0053	сл.
SO_3	сл.	0,0839	0,1611
CO_2	0,424	—	—
Всего цеолитн. вещ.	24,938	—	—
„ нераствор. (глина, песокъ)	63,344	—	—

Послѣ опыта опредѣлено было содержаніе гумуса въ почвѣ изъ обоихъ сосудовъ; оказалось:

Въ почвѣ съ покровомъ изъ листьевъ 7, 3%
„ „ безъ покрова 6,57%

Такъ какъ въ почвѣ было въ началѣ 253,83 gr. орган. вещ., то, слѣдовательно, за годъ изъ этого количества разложилось:

Съ покровомъ. . . . . . . 34,80 gr.
Безъ покрова. . . . . . . 56,70 „

Черноземная почва измѣнила послѣ опыта свой цвѣтъ, приблизившись въ этомъ отношеніи къ сѣрымъ землямъ. Изъ нея извлечено было при лиственномъ покровѣ около 6 gr. минеральн. вещ., а безъ покрова—4 gr. (0,2% и 0,13%). Кромѣ того, почва сдѣлалась менѣе связной, чѣмъ также приблизилась съ сѣрымъ землямъ.

Изложенные опыты съ полной очевидностью показываютъ намъ, какія глубокія измѣненія можетъ претерпѣвать почва при сквозномъ промываніи растворимыми продуктами разложенія растительныхъ остатковъ.

Однако, ближайшая сущность взаимодѣйствія этихъ продуковъ съ составными частями почвы остается невыясненной. Каковъ былъ первоначальный составъ притекающихъ растворовъ изъ разлагающейся листвы, какъ шло постепенное по-

ступленіе въ почву отдѣльныхъ составныхъ частей этихъ растворовъ, почему CaO и SO_3 оказались въ стекающей жидкости изъ почвы безъ покрова въ бо̀льшемъ количествѣ, чѣмъ изъ почвы съ покровомъ, почему, наконецъ, энергія разложенія органическихъ веществъ въ почвѣ, при систематическомъ удаленіи изъ послѣдней растворимыхъ продуктовъ этого разложенія, идетъ болѣе замедленныхъ ходомъ (въ теченіе года въ почвѣ разложилось всего 34,80 gr. органич. веществъ вмѣсто 56,70 gr.) и т. д. — все это вопросы, которые невольно возникаютъ при ближайшемъ изученіи вышеприведенныхъ цифръ, но которые остаются безъ достаточнаго освѣщенія [1]).

Болѣе подробныя данныя относительно искусственно-вызываемой деградаціи почвъ даются моими опытами, опубликованными въ 1908 г.

Опыты эти были организованы слѣд. образомъ: взятъ былъ высокій цилиндрическій сосудъ, состоящій изъ двухъ отдѣльныхъ частей, входящихъ другъ въ друга. Діам. сосудовъ = 15 с. Въ верхнюю часть были помѣщены осиновые листья, въ количествѣ 750 gr., въ нижнюю—почва въ количествѣ 2 kgr. Та и другая часть сосуда отдѣлялись другъ отъ друга мелкой металлической сѣткой. Подъ описаннымъ комбинированнымъ сосудомъ помѣщенъ былъ большой стеклянный сосудъ для собиранія стекающей жидкости. Опыты продолжались 13 мѣсяцевъ. Въ началѣ опыта воды было прилито сверху большое количество, чтобы добиться сквозного промыванія. Когда изъ почвы начала почти безпрерывно сочиться въ подставленный стаканъ жидкость, приливаніе сверху воды стало производиться

1) Кстати говоря, подробное разсмотрѣніе аналитическихъ данныхъ г. Костычева, что сдѣлано было мною въ другомъ мѣстѣ („Матеріалы“ и пр. стр. 97), даетъ намъ, между прочимъ, одно изъ вѣскихъ косвенныхъ доказательствъ въ пользу тѣхъ положеній, которыя высказаны были нами раньше—относительно своеобразнаго характера разложенія растительныхъ остатковъ, наблюдаемаго въ условіяхъ систематическаго удаленія изъ послѣднихъ продуктовъ разложенія.

меньшими порціями и нерегулярно, лишь бы поддерживать безпрерывное промываніе данной почвы тѣми продуктами, которые поступали въ нее изъ разлагающейся листвы. Всего воды прилито было за все время опыта около 14 литровъ. Въ качествѣ контрольнаго сосуда служилъ одновременно другой металлическій сосудъ, который представлялъ собой лишь нижнюю часть описаннаго выше. Въ немъ помѣщалась одна почва (2 kgr.), но безъ листвы. Сосудъ этотъ служилъ для параллельнаго изученія того, сколько и какихъ веществъ растворяла изъ данной почвы, сравнительно съ вышеупомянутымъ растворомъ, чистая вода. Промываніе водой въ обоихъ сосудахъ производилось одновременно. Всего было взято воды для промыванія также 14 литр. Наконецъ, для того, чтобы знать составъ раствора, получаемаго почвой изъ разлагающихся листьевъ, взятъ былъ третій сосудъ, представлявшій собой лишь верхнюю часть, описаннаго выше, комбинированнаго сосуда. Въ послѣдній помѣщено было 750 gr. осиновыхъ листьевъ. Для промыванія этого матеріала взято было также 14 литровъ воды (въ теченіе 13 мѣсяцевъ).

Такимъ образомъ, путемъ анализа стекающихъ жидкостей во всѣхъ трехъ сосудахъ, мы имѣли возможность составить себѣ точное понятіе, во-1-хъ, о томъ, сколько и какихъ веществъ выщелачиваетъ дистиллированная вода изъ осиновыхъ листьевъ, служившихъ для опыта; во-2-хъ, сколько и какихъ веществъ выщелачиваетъ вода изъ данной почвы, и, наконецъ, въ-3-хъ, о томъ, какія измѣненія претерпѣваетъ почва въ своемъ составѣ при промываніи ея растворимыми продуктами разложенія даннаго растительнаго матеріала, т.-е , какія составныя части ея были растворены и унесены водой, и какія вещества изъ притекающихъ сверху растворовъ были поглощены ею.

Опыты были поставлены съ черноземомъ и лѣснымъ суглинкомъ. Не останавливаясь на всѣхъ полученныхъ циф-

рахъ и сдѣланныхъ на основаніи ихъ вычисленій [1]),—я приведу только конечные результаты.

I) Количество гумуса въ %:

	Черноземъ. %	Лѣсной суглинокъ %
Въ почвѣ передъ началомъ опытовъ .	6,97	2,83
Въ почвѣ, подвергавшейся дѣйствію воды въ теченіе 13 мѣс..	4,02	1,89
Въ почвѣ, подвергавшейся дѣйствію продуктовъ разложенія растит. остатковъ—въ теченіе 13 мѣс.	5,84	2,57

II) Судьба зольныхъ элементовъ:

Чистая вода выщелочила втеченіе 13 мѣсяцевъ въ %:

	Изъ чернозема. %	Изъ лѣсного суглинка. %
SiO_2	0,0002	Слѣды
K_2O	0,15	0,02
Na_2O	0,72	Слѣды
CaO	30,64	24,72
MgO	31,97	16,72
P_2O_5	0,12	Слѣды
$Al_2O_3+Fe_2O_3$	0,0006	Слѣды
Mn_3O_4	—	—
SO_3	44,95	35,00

Почва, находившаяся подъ лиственнымъ покровомъ, потеряла въ теченіе 13 мѣсяцевъ въ %:

	Черноземъ. %	Лѣсной суглинокъ. %
SiO_2	0,19	0,0087
K_2O	19,08	9,73
Na_2O.	1,74	0,48
CaO	96,04	80,67
MgO	90,78	66,97
P_2O_5	17,10	18,06
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	10,42	3,69
Mn_3O_4	22,91	7,57
SO_3	84,08	85,00

Ближайшее разсмотрѣніе всѣхъ этихъ цифръ, а также цѣлый рядъ побочныхъ соображеній, основанныхъ на выво-

[1]) См. „Матеріалы"... и пр. стр. 102—111, и 119—124.

дахъ моихъ прежнихъ опытовъ надъ характеромъ растворимыхъ продуктовъ разложенія растительныхъ остатковъ, дало мнѣ возможность сдѣлать слѣдующія заключенія:

1) Деградаціонныя реакціи вызываются въ почвѣ при систематическомъ **сквозномъ** промываніи ея даже чистой **водой**. Въ этомъ случаѣ образуется въ почвѣ рядъ подвижныхъ перегнойныхъ кислотъ [1]), которыя свое разрушительное дѣйствіе направляютъ прежде всего на щелочно-земельныя основанія. Потеря почвою этихъ послѣднихъ—уже неудержимо ведетъ ее къ дальнѣйшей деградаціи, такъ какъ указанное явленіе способствуетъ еще болѣе появленію въ почвенной средѣ кислотныхъ продуктовъ. Цифры вышеприведенныхъ анализовъ вполнѣ подтверждаютъ это предположеніе. Что же касается, въ частности, гумусовыхъ соединеній почвы, то, какъ мы видѣли,— черноземъ, подъ вліяніемъ промыванія водой, потерялъ въ теченіе 13 мѣсяцевъ—2,95% ихъ (соотвѣтствующія наблюденія и вычисленія показали, что изъ этого количества вымыто водой было 0,94% гумусовыхъ веществъ, и 2,01% приходится на долю разрушившихся — путемъ процессовъ разложенія), лѣсной же суглинокъ—0,94% (0,201%—путемъ вымыванія, и 0,739%—путемъ процессовъ разложенія). Такимъ образомъ,—**продолжительное промываніе почвы водою сопровождается прогрессивнымъ обѣднѣніемъ ея какъ органическими, такъ и минеральными веществами.** Съ этой точки зрѣнія — процессы деградаціи, а, быть можетъ, и болѣе рѣзкія формы ея (вплоть до подзолообразованія) — **мыслимы въ любомъ физико-географическомъ районѣ**, лишь бы были на лицо условія постояннаго сквозного просачиванія атмосферной воды. Неизбѣжно должны мы встрѣтиться съ ними и при такихъ сельско-хозяйственныхъ меліораціяхъ, какъ дренированіе почвъ, или, наоборотъ, усиленное орошеніе ихъ и т. п.

---

[1]) См. гл. II.

2) Еще болѣе рѣзкія и энергичныя формы принимаютъ деградаціонные процессы въ почвѣ въ томъ случаѣ, когда послѣдняя систематически обрабатывается тѣми растворимыми продуктами разложенія растительныхъ продуктовъ, которые (продукты) получаются изъ послѣднихъ при сквозномъ промываніи ихъ водой. Въ этомъ случаѣ, основываясь на нашихъ предыдущихъ опытахъ, мы можемъ предположить, что изъ разлагающейся листвы первыми же порціями воды удаляются въ весьма крупныхъ количествахъ щелочныя и щелочноземельныя основанія. Въ виду сквозного и безпрерывнаго промыванія почвы, упомянутыя вещества этой почвой не задерживаются, а начавшіе образоваться въ разлагающейся массѣ вслѣдъ за этимъ кислые продукты будутъ способствовать еще болѣе энергичному выносу ихъ изъ почвы, что и подтверждается вышеприведенными, весьма крупными, цифрами выщелачиванія изъ послѣдней почти всѣхъ минеральныхъ веществъ [1]. Что же касается, въ частности, гумуса, то, какъ показываютъ тѣ же цифры, мы констатируемъ въ условіяхъ описываемаго опыта также нѣкоторое уменьшеніе его (5,84% вмѣсто первоначальныхъ 6,97%), но разница, какъ видимъ, совсѣмъ незначительная. Принимая во вниманіе, что изъ осиновыхъ листьевъ въ теченіе 13 мѣсяцевъ перешли въ почву довольно крупныя количества органическихъ веществъ, можно было бы думать, что они разлагались тамъ почти на цѣло. Однако, изслѣдованіе количества органическихъ веществъ, попадающихъ въ стекающую жидкость изъ комбинированнаго сосуда (листва + почва) показало намъ, что вещества эти почвой не задерживались, а проходили, можно сказать, на цѣло въ сте-

[1]) А. Лебедевъ—(„Журн. Оп. Агр.“, 1906, V) нашелъ около г. Холма почву, представляющую собой перегнойно-карбонатную почву—какъ-бы на пути къ превращенію въ подзолъ; причемъ, на основаніи данныхъ химическаго анализа, авторъ ставитъ процессъ этой деградаціи въ связь съ потерею данной почвой именно своихъ карбонатовъ.

кающій растворъ [1]). Обстоятельство это заставило насъ сдѣлать предположеніе, что въ условіяхъ даннаго опыта, если и шло разложеніе принадлежащаго самой почвѣ гумуса, то крайне медленнымъ, угнетеннымъ темпомъ (въ силу неблагопріятныхъ условій внѣшней среды, накопившей въ себѣ, какъ мы видѣли, кислые продукты). Перенося эти выводы въ природу,—мы можемъ предвидѣть, что процессы деградаціи будутъ сказываться прежде всего и наиболѣе энергично именно на балансѣ минеральныхъ соединеній почвы, и значительно слабѣе и медленнѣе на перегнойныхъ веществахъ ея. Такимъ образомъ, въ то время какъ морфологическое изслѣдованіе той или другой почвы (напр. — окраска ея гумусовыхъ горизонтовъ и т. п.) убѣждаетъ насъ, можетъ быть, въ отсутствіи деградаціонныхъ явленій,—детальный химическій анализъ этой почвы можетъ дать намъ совершенно обратную картину.

Дальнѣйшія мои работы въ области лабораторнаго изученія процессовъ деградаціи—имѣли своею задачей такъ или иначе освѣтить вопросъ, во-1-хъ о **вліяніи различнаго характера и состава разлагающихся растительныхъ остатковъ на энергію деградаціонныхъ явленій въ почвѣ** и во-2-хъ, выяснить вопросъ—**о сравнительной способности къ этимъ процессамъ различныхъ типовъ почвъ.** Къ изложенію этихъ опытовъ и полученныхъ результатовъ мы сейчасъ и перейдемъ.

I. Вліяніе химическаго состава растительныхъ остатковъ на процессы деградаціи.

Если, согласно нашимъ опытамъ, изложеннымъ выше, признать за фактъ, что растворимые продукты разложенія расти-

[1]) Что, находится, въ тѣсной связи съ фактомъ лишенія почвы тѣхъ составныхъ частей (гл. обр. CaO), которымъ обязаны перегнойныя вещества переходомъ въ коллоидальное, нерастворимое состояніе, а, слѣдовательно, и своимъ закрѣпленіемъ.



тельныхъ остатковъ, при сквозномъ систематическомъ промываніи ими почвы, въ состояніи вызывать въ послѣдней типичныя деградаціонныя явленія, то надо уже à priori предположить, что характеръ и энергія указанныхъ явленій должны находиться въ самой тѣсной и непосредственной связи—какъ съ количествомъ отмирающей ежегодно въ томъ или другомъ районѣ растительности, такъ и съ ея качествомъ, т.-е. химическимъ составомъ. Достаточно указать хотя бы на тотъ фактъ, что различные растительпые остатки содержатъ въ себѣ различное количество золы (притомъ различнаго состава), а, слѣдовательно, получающіеся при ихъ разложеніи кислотные продукты могутъ оказаться то болѣе, то менѣе насыщенными основаніями (отчего, конечно, будетъ зависѣть степень растворяющаго дѣйствія этихъ продуктовъ), и т. п., чтобы убѣдиться какая, дѣйствительно, близкая связь существуетъ между указанными двумя явленіями.

Обращаясь къ литературѣ этого вопроса, мы убѣждаемся, что послѣдній представляется совершенно невыясненнымъ. Правда, съ тѣхъ поръ, какъ академикъ Коржинскій [1]) впервые создалъ свою стройную гипотезу о возможности вырожденія или деградаціи чернозема подъ вліяніемъ лѣсной растительности,—въ литературѣ накопились нѣкоторыя данныя относительно именно степени участія различныхъ древесныхъ породъ въ образованіи лѣсныхъ почвъ. Но данныя эти очень немпогочисленны и носятъ въ большинствѣ случаевъ отрывочный характеръ,—не говоря уже о томъ, что выяснить этотъ вопросъ въ природной обстановкѣ является вообще дѣломъ чрезвычайной трудности: вѣдь для точнаго въ этомъ отношеніи учета надо найти такіе въ природѣ районы, которые бы не переживали смѣны тѣхъ или другихъ породъ, притомъ необходимо

[1]) С. Коржинскій.—„Предварит. Отчетъ о почвенныхъ и гео-ботанич. изслѣдованіяхъ 1886 г.“... etc. („Тр. Каз. Общ. Естеств.“, XVI, вып. 6 и XVIII, вып. 5).

фиксировать наблюденія на совершенно чистыхъ насажденіяхъ и пр. и пр.; словомъ, въ природной обстановкѣ крайне трудно выдѣлить данный изучаемый факторъ такъ, чтобы остальныя привходящія условія подведены были бы, такъ сказать, къ одному знаменателю. Тѣмъ не менѣе, нѣкоторыми работами русскихъ почвовѣдовъ все-таки приблизительно устанавливаются отдѣльные случаи преобладающаго вліянія нѣкоторыхъ древесныхъ породъ на почву [1]; оказывается, напр., что сѣрыя лѣсныя земли образовались у насъ, главнымъ образомъ, подъ вліяніемъ дуба и его спутниковъ (ясеня, ильма, осины, лещины и др.). Müller [2]), изслѣдуя лѣса Даніи, пришелъ къ убѣжденію, что еще болѣе оподзаливающе дѣйствуетъ на почву букъ. Наблюденія проф. В. Докучаева надъ лѣсами Бессарабіи подтверждаютъ этотъ фактъ [3]). Проф. Ramann [4]) также считаетъ букъ древесной породой, способной при своемъ разложеніи давать наибольшее количество свободныхъ подвижныхъ кислотъ; хвойныя породы онъ ставитъ въ этомъ отношеніи на послѣднемъ мѣстѣ.

Въ 1908 г. появилась работа М. Ткаченко [5]), въ которой упомянутый авторъ уже ближе касается интересующаго насъ вопроса. Путемъ непосредственныхъ сравнительныхъ анализовъ на гумусъ (изслѣдованія производились въ природной обстановкѣ—въ Моховомъ Имѣніи покойнаго И. Шатилова и въ Алексѣевскомъ Имѣніи П. Левицкаго) г. Ткаченко пришелъ къ заключенію, что процессъ деградаціи рѣзче всего выра-

---

[1]) См., напр., К. Глинка, Н. Сибирцевъ и П. Отоцкій. „Хрѣновской участокъ". Тр. Эксп. проф. Докучаева, 1894.

В. Докучаевъ.—Тр. В. Эк. Общ., 1889, № 1.

Э. Нидергеферъ.—Тр. С.-Петерб. Общ. Естеств. 1885, XVI и др.

[2]) Müller.— „Studien über die natürlichen Humusformen"... etc. 1887.

[3]) В. Докучаевъ.—Къ вопросу о почвахъ Бессарабіи. („Почвовѣдѣніе" 1900).

[4]) Ramann.—Bodenkunde, 1911.

[5]) М. Ткаченко.—„О роли лѣса въ почвообразованіи" (Изв. Импер. Лѣсного Института, 1908, XVIII).

женъ въ почвѣ подъ дубомъ. „Хвойныя породы даютъ матеріалъ пестрый, изъ котораго, во всякомъ случаѣ, не видно, какая порода больше деградируетъ почву"... Henry въ своей послѣдней работѣ [1]) указываетъ, что особенно легко кислый гумусъ образуется при разложеніи бука, пихты, дуба и сосны.

Во время своихъ работъ въ предѣлахъ Велико-Анадольскаго Лѣсничества (1906—1907 г.) я пытался подойти къ затронутому нами сейчасъ вопросу путемъ массовыхъ параллельныхъ анализовъ на гумусъ различныхъ кварталовъ этого искусственно-насажденнаго лѣса. Несомнѣнно, — послѣдній представляетъ собой въ высшей степени удобный объектъ для такихъ наблюденій, такъ какъ разнообразныя насажденія и по своему возрасту, и по составу, и по характеру роста, давали возможность разнообразить изслѣдованія въ этомъ направленіи самымъ широкимъ образомъ. Однако, какихъ-либо опредѣленныхъ результатовъ мнѣ получить не удалось и, несмотря на самые тщательные поиски, не пришлось напасть хотя бы даже на слѣды деградаціи чернозема; констатированныя же колебанія въ содержаніи гумуса въ различныхъ кварталахъ удовлетворительно объяснялись вліяніемъ цѣлаго ряда другихъ почвообразователей.

Объяснить указанный фактъ можно отчасти тѣмъ, что процессы деградаціи въ природныхъ условіяхъ, вообще говоря, очень длительны и 60-ти лѣтній срокъ представляется для нихъ, повидимому, слишкомъ короткимъ (нѣкоторымъ, наиболѣе старымъ, В. Анад. насажденіямъ уже болѣе 60 лѣтъ), а, главнымъ образомъ, тѣмъ, что въ такой сравнительно небольшой промежутокъ времени едва ли могла рѣзко сказаться разница между различными древесными породами, особенно, если принять во вниманіе, что количество золы въ опадающихъ листьяхъ и составъ ея—могутъ широко колебаться въ зависимости отъ характера погоды, отъ времени опаданія листвы и пр. и пр.

[1]) „Les sols forestiers" 1908.



Желая до нѣкоторой степени выяснить данный вопросъ въ условіяхъ лабораторнаго опыта—я первое время предполагалъ оперировать именно съ листвой различныхъ древесныхъ породъ и, на основаніи этихъ наблюденій, постараться такъ или иначе выяснить ихъ деградаціонную энергію. Однако, цѣлый рядъ соображеній заставилъ меня отказаться отъ такой постановки опытовъ. Дѣло въ томъ, что количество золы въ листвѣ различныхъ породъ и ея ближайшій химическій составъ, какъ извѣстно, широко колеблются въ зависимости отъ возраста дерева, отъ физико-механическаго и химическаго состава почвы, отъ метеорологическихъ условій даннаго вегетаціоннаго періода, отъ времени опаденія листвы и пр. Въ результатѣ, собирая листву различныхъ породъ и ставя съ ними соотвѣтствующіе опыты, мы не можемъ поручиться за то, что у насъ въ рукахъ имѣется не случайный объектъ случайнаго состава и не можемъ быть увѣрены въ томъ, что результаты сравнительныхъ опытовъ будутъ зависѣть именно отъ характера состава и типичныхъ свойствъ даннаго изучаемаго объекта. Предвидя, такимъ образомъ, возможность получить нерельефные и неопредѣленные результаты—я поступилъ нѣсколько иначе, а именно для своихъ опытовъ (имѣвшихъ цѣлью, какъ я указалъ выше, выяснить значеніе различнаго состава растительныхъ остатковъ на энергію деградаціонныхъ явленій въ почвѣ) пользовался однимъ и тѣмъ же растительнымъ объектомъ, но собраннымъ въ различныя стадіи его развитія. Какъ извѣстно, ко времени, напр., листопада составъ листьевъ сильно измѣняется, а именно, часть составныхъ частей уходитъ въ стволъ и листья ими обѣдняются, а содержаніе другихъ, наоборотъ, процентно повышается [1]). Ко-

---

[1]) См., напр., Wolff. „Aschen. Analysen von landw. Producten“... etc. 1871, s. 158 и др.

Общее количество золы въ листьяхъ, на различныхъ стадіяхъ ихъ развитія, колеблется также въ очень широкихъ размѣрахъ. Zöller нашелъ



нечно, вполнѣ правильной такую постановку опытовъ считать также нельзя; достаточно указать хотя бы на то, что при этомъ мы вносимъ такой новый факторъ, какъ различную способность къ разлагаемости растительныхъ объектовъ, взятыхъ на различныхъ стадіяхъ развитія, вызываемую различіемъ въ ихъ химическомъ составѣ и пр., но для выясненія лишь общей картины изучаемыхъ явленій, можно было пока игнорировать указанный факторъ.

Для опытовъ служили листья дуба, собранные въ два періода: 1) въ серединѣ мая и 2) въ концѣ сентября—опадающіе (желтые).

Химическій анализъ золы показалъ, дѣйствительно, весьма рѣзкую разницу въ составѣ ихъ, а именно:

	Въ 1.000 ч. сухого вещества содержится въ граммахъ.										Су зол эл
	SiO_2	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	P_2O_5	Al_2O_3+ $+Fe_2O_3$	Mn_3O_4	SO_3	Cl	
1. Листья дуба, собранныя въ маѣ	2,07	10,13	0,34	20,81	6,12	5,27	0,75	1,73	2,18	0,01	49
2. Листья дуба, собранныя въ концѣ сентября . . .	8,06	5,89	0,21	49,87	9,01	2,27	0,99	1,58	2,59	—	80

въ буковыхъ листьяхъ, собранныхъ въ маѣ—4,16%, въ іюлѣ—4,73% и въ октябрѣ—7,12% чистой золы. Въ другихъ листьяхъ бука, взятыхъ изъ другого мѣста, имъ найдены еще большія колебанія: въ маѣ—5,5%, въ ноябрѣ (опавшіе листья)—9,91%. Rissmüller даетъ такія цифры:

	% золы.
въ маѣ буков. листья содержатъ	4,67
„ іюнѣ	5,20
„ іюлѣ	7,45
„ августѣ	9,03
„ сентябрѣ	8,90
„ октябрѣ	10,80
„ ноябрѣ	11,41

Ebermayer приводитъ еще болѣе рѣзкія колебанія: хвоя ели содержала въ іюнѣ 1,24% чистой золы, опавшая же хвоя—около 10,19%.
(См. „Die gesammte Lehre der Waldstreu". 1876, s. 86).

Т.-е., мы видимъ громадное увеличеніе какъ всей суммы зольныхъ элементовъ ко времени листопада, такъ, въ частности, весьма значительное увеличеніе количества CaO, кремнекислоты, MgO, и отчасти полуторныхъ окисловъ и SO_3, съ другой стороны — уменьшеніе K_2O, Na_2O и P_2O_5. Особенный интересъ представлялъ для насъ фактъ сильнаго обогащенія листьевъ къ осени щелочно-земельными основаніями, если вспомнить, какую роль соединенія эти, на основаніи нашихъ прежнихъ опытовъ, призваны играть какъ въ характерѣ разложенія растительныхъ остатковъ, такъ и въ тѣхъ измѣненіяхъ, которыя вызываются въ почвѣ растворимыми продуктами этого разложенія.

Почва взята была черноземная, суглинистая (Тульск. губ.). Составъ ея приведенъ во II главѣ. Самые опыты были организованы слѣд. образомъ:

Почва въ количествѣ 1 kgr. помѣщена была въ металлическій сосудъ цилиндрической формы и сверху прикрыта слоемъ размельченныхъ дубовыхъ листьевъ, взятыхъ въ количествѣ 200 gr. Для стекающей жидкости снизу подставлены были объемистые стаканы. Почва на границѣ соприкосновенія съ растительной массой была прикрыта довольно толстымъ (около 2 сант.) слоемъ стеклянной ваты, чтобы избѣжать проникновенія въ нее мелкихъ частицъ и обрывковъ изъ вышележащей массы. Описанныхъ сосудовъ было взято два: въ одномъ—почва была прикрыта молодыми дубовыми листьями, въ другомъ—желтыми, опадающими. Для того, чтобы знать, какое количество тѣхъ или другихъ веществъ поступаетъ изъ разлагающейся листвы въ почву, взято было отдѣльно два сосуда, въ которыхъ помѣщались описанные выше листья (въ каждомъ сосудѣ— по 200 gr.). Промывались они водой приблизительно въ одно и то же время и всегда одинаковымъ количествомъ ея. Долженъ оговориться, что совершенно идентичныхъ условій для промыванія достигать не удавалось: въ то время какъ вода довольно

16

легко просачивалась въ тѣхъ сосудахъ, гдѣ находились одни листья, въ другихъ сосудахъ, гдѣ листья эти имѣли подъ собой почву, создавались на извѣстное время условія нѣкоторой заболоченности, въ силу оказываемаго почвой сопротивленія стекающей изъ растительной массы водѣ. Впрочемъ, съ достиженіемъ почвою полной влагоемкости, указанное неудобство давало значительно меньше себя знать.

Наконецъ, для того, чтобы имѣть понятіе о тѣхъ измѣненіяхъ, которыя вносятся въ почву систематическимъ промываніемъ ея одною водою и сравнить ихъ съ тѣми измѣненіями, которыя производятъ въ почвѣ вмываемые въ послѣднюю растворимые продукты разлагающейся растительной массы— былъ взятъ еще одинъ сосудъ съ одной почвой (1 kgr.), въ которомъ послѣдняя промывалась водой приблизительно въ одно и то же время и всегда одинаковымъ количествомъ ея.

Такимъ образомъ, у насъ въ рукахъ имѣлось 5 сосудовъ, изслѣдованіе стекающихъ жидкостей изъ которыхъ давало намъ возможность составить себѣ довольно ясное понятіе о всѣхъ измѣненіяхъ, совершающихся въ почвѣ и въ растительной массѣ.

Опыты продолжались около 5 мѣсяцевъ. Воды было употреблено для промыванія 12 литровъ. Стекающая жидкость во всѣхъ сосудахъ, по мѣрѣ накопленія, измѣрялась и опредѣленный объемъ ея немедленно выпаривался. Позднѣе къ сухому остатку прибавлялись новыя порціи и т. д. [1]). Въ видахъ упрощенія задачи—въ стекающихъ растворахъ опредѣлялись лишь главнѣйшія соединенія, а именно: SiO_2, CaO, MgO, P_2O_5, сумма полуторныхъ окисловъ, K_2O, а также— обще количество перешедшихъ въ растворъ органическихъ веществъ (сжиганіемъ).

Перейдемъ теперь къ полученнымъ даннымъ, и прежде всего обратимъ вниманіе на тѣ измѣненія, которыя произошли въ

[1]) Оставленіе на долгое время стекающихъ жидкостей на воздухѣ было невозможно въ виду довольно быстраго ихъ загниванія.

данной почвѣ подъ вліяніемъ долговременнаго сквозного промыванія чистой водой.

Количество гумуса:

Въ почвѣ передъ началомъ опытовъ	9,89%
„ „ подвергавшейся сквозн. промыв. водой въ теченіе 5 мѣсяцевъ	8,09%

Количество вымытыхъ зольныхъ соединеній:

Въ 10 литрахъ просочившагося раствора изъ 1 kgr. почвы содержится (въ gr.).

	gr.
SiO_2	слѣды
CaO	4,0473
MgO	1,0335
P_2O_5	0,0030
$Al_2O_3+Fe_2O_3$	0,0011
K_2O	0,0125
Органич. вещ.	8,1311

Зная же, каковъ общій запасъ во взятомъ количествѣ данной почвы (т.-е., въ 1 kgr.) различныхъ зольныхъ соединеній (см. гл. II, стр. 159), мы можемъ вычислить, сколько выщелочила дистиллированная вода тѣхъ или другихъ веществъ въ % отъ первоначальнаго количества ихъ въ данной почвѣ, а именно:

	%
SiO_2	—
CaO	21,07
MgO	12,75
P_2O_5	0,17
$Al_2O_3+Fe_2O_3$	0,[illegible]08
K_2O	0,057

Строго говоря, мы уже здѣсь встрѣчаемся съ начавшимися типичными деградаціонными явленіями въ почвѣ — несмотря на сравнительно короткій промежутокъ времени нашихъ наблюденій. Правда, въ этихъ опытахъ употреблено было громадное количество воды, притомъ она безпрерывно, какъ мы видѣли, промывала данную почву, съ чѣмъ въ естественныхъ условіяхъ мы можемъ встрѣтиться лишь въ исключительныхъ случаяхъ, или же фиксироваться будутъ эти процессы въ ука-

занномъ направленіи лишь въ теченіе огромнаго промежутка времени, но намъ важно, въ данномъ случаѣ, установить съ точки зрѣнія общей принципіальной тотъ фактъ, что при сквозномъ промываніи уже чистой водой той или другой почвы— послѣдняя можетъ испытывать на себѣ какъ-разъ тѣ измѣненія въ своемъ составѣ, которыя мы считаемъ за типичныя деградаціонныя, а именно, —уменьшеніе перегноя и потерю ею извѣстной части всѣхъ своихъ зольныхъ соединеній [1]). Аналогичный процессъ мы должны наблюдать въ тѣхъ районахъ, гдѣ періодически выпадаетъ огромное количество осадковъ, или, гдѣ по условіямъ рельефа можно ожидать временнаго затопленія (напр., заливные луга), стока воды (котловинки, западинки), а также въ искусственно орошаемыхъ, или наоборотъ, дренируемыхъ почвахъ и т. п. Необходимо только прибавить къ сказанному, что въ природѣ, въ естественныхъ условіяхъ, обычно такимъ деградирующимъ факторомъ является не чистая вода, въ собственномъ смыслѣ этого слова, а тѣ же растворимые продукты разложенія органическихъ остатковъ (корневая система, отмершіе стебли, листья и пр.), всегда присутствующіе въ почвѣ. Дѣйствіе же этихъ агентовъ, какъ мы скоро убѣдимся, представляется въ процессахъ деградаціи несравненно болѣе энергичнымъ [2]).

А пока обратимся теперь къ анализу тѣхъ растворовъ, которые вмывались изъ разлагающихся листьевъ въ почву.

[1]) Что касается въ частности перегноя, то цифра, полученная путемъ непосредственнаго анализа по способу Густавсона (8,09%), какъ видимъ, не совпадаетъ съ цифрой, которую можно было бы вывести путемъ вычисленія (принимая во вниманіе, что изъ 1 kgr. почвы, содержащей 98,9 gr. гумуса—вода выщелочила 8,1311 gr. перегнойныхъ веществъ, надо было бы ожидать, что въ почвѣ еще остается около 9,08% гумуса). Указанная, довольно большая разница (0,99%), однако, не такъ велика, если принять во вниманіе, что часть перегноя за 5 мѣсяцевъ опыта разложилась и, такимъ образомъ, не была обнаружена въ стекающемъ растворѣ.

[2]) См. мои анализы водныхъ вытяжекъ — изъ почвъ дренируемыхъ и недренируемыхъ, опубликованные въ 1904 г. („Изъ сел.-хоз. и гео-ботаническихъ наблюденій“,—„Земл. Газ.“, 1904).

Въ 10 литр. просочившагося раствора изъ 200 gr. листвы содержится (въ gr.).

	Молодые листья.	Опадающіе листья.
	gr.	gr.
SiO_2	0,1815	0,2411
CaO	2,3401	7,1402
MgO	0,6335	1,0231
P_2O_5	0,1386	0,1235
$Al_2O_3+Fe_2O_3$	0,0413	0,0631
K_2O	0,6623	0,7032
Органич. вещ.	29,0042	6,1432

Эти цифры показываютъ намъ, какіе различные, по своему составу, растворы проникали въ обоихъ случаяхъ въ почву. Особенное вниманіе обращаетъ на себя количество щелочно-земельныхъ основаній, выщелачиваемыхъ водой изъ опадающихъ листьевъ; что касается другихъ соединеній, то, несмотря на разницу въ первоначальномъ составѣ золы тѣхъ и другихъ объектовъ, взятыхъ для опыта, особенно рѣзкихъ результатовъ въ количествѣ ихъ не наблюдается. Весьма характернымъ представляется далѣе—малое количество органическихъ соединеній въ растворахъ изъ опадающихъ листьевъ, сравнительно съ молодыми, растущими объектами. Если же мы припомнимъ, какая громадная разница (на основаніи изложенныхъ нами во II-й главѣ опытовъ), наблюдается въ кислотности (какъ общей, такъ въ особенности—вызываемой присутствіемъ свободныхъ и ненасыщенныхъ органическихъ кислотъ) тѣхъ растворовъ, которые получаются изъ растительныхъ объектовъ, систематически промываемыхъ водой и непромываемыхъ (см. стр. 142—146 настоящей работы) и если примемъ во вниманіе, что въ описываемыхъ сейчасъ опытахъ мы имѣемъ дѣло именно съ объектами, испытывающими сквозное повторное промываніе,—то можемъ съ большой долей вѣроятія предположить, что подвижныя органическія кислоты, которымъ и обязаны своимъ генезисомъ деградаціонные процессы,—будутъ во второмъ случаѣ (опадающіе листья) значительно болѣе насыщены основаніями (см. количества переходящихъ

въ растворъ CaO и MgO), чѣмъ въ первомъ (молодые листья), гдѣ, съ одной стороны — количество органическихъ веществъ (главнымъ образомъ кислотнаго, слѣдовательно, характера), переходящихъ въ растворъ, какъ мы видѣли, значительно больше, съ другой—количество могущихъ связывать эти кислые продукты основаній, значительно меньше [1]).

Принимая всѣ эти соображенія и аналитическія данныя во вниманіе, мы уже можемъ теперь предвидѣть, съ какой энергіей пойдутъ процессы деградаціи въ обоихъ нашихъ случаяхъ. Анализъ стекающихъ растворовъ изъ тѣхъ сосудовъ, въ которые были помѣщены обѣ наши почвы, какъ нельзя лучше подтверждаетъ высказанныя предположенія, что ясно видно изъ нижеприведенныхъ таблицъ:

Въ 10 литр. просочившаго раствора изъ 1 kgr. почвы (въ gr.) содержатся:

	Изъ почвы, покрыт. молод. листьями.	Изъ почвы, покрыт. опад. листьями.
	gr.	gr.
SiO_2	0,9087	1,2988
CaO	18,3202	16,7804
MgO	5,1645	3,2805
P_2O_5	0,3826	0,1508
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	16,6044	1,4362
K_2O	2,6603	1,1228
Органич. вещ.	35,0291	13,0002

Если предположить съ одной стороны, что растворъ изъ разлагающихся листьевъ, поступавшій въ почву, выщелочилъ изъ послѣдней лишь то, что можетъ вымыть изъ нея дистиллированная вода, съ другой,—что изъ воднаго раствора разлагающейся массы почвою не было поглощено ничего, то цифры только-что приведенныхъ анализовъ должны были бы совпадать съ цифрами, выражающими сумму веществъ въ сте-

[1]) Не невозможно, что во всѣхъ описываемыхъ процессахъ принимаетъ энергичное участіе, помимо подвижныхъ перегнойныхъ кислотъ, также и гуминовая кислота, которая, являясь типичнымъ коллоидомъ, способна, какъ извѣстно, легко образовать ложные растворы.

кающихъ растворахъ изъ сосуда, наполненнаго одной почвой (безъ покрова) и изъ сосуда, наполненнаго одной листвой (безъ почвы). Отклоненія въ ту или другую сторону покажутъ намъ, въ какомъ направленіи пошли процессы выщелачиванія, или, наоборотъ, поглощенія. Сдѣлаемъ такое перечисленіе:

	Сумма веществъ, находящихся въ стекающихъ растворахъ изъ почвы и изъ листвы.		Въ стекающей жидкости изъ почвы, покрытой молодыми листьями, находится веществъ больше, чѣмъ въ предыдущей суммѣ на	Въ стекающей жидкости изъ почвы, покрытой опадающими листьями, находится веществъ больше, чѣмъ въ предыдущей суммѣ на
	молодыя листья.	опадающія листья.		
			gr.	gr.
SiO_2 . . .	0,1815	0,2411	0,7272	1,0577
CaO . . .	6,3874	11,1875	11,9328	5,5929
MgO . . .	1,6670	2,0566	3,4975	1,2239
P_2O_5 . . .	0,1416	0,1265	0,2410	0,0243
$Al_2O_3+Fe_2O_3$	0,0424	0,0642	16,5620	1,3720
K_2O. . .	0,6748	0,7157	1,9855	0,4071
Орган. вещ.	37,1353	14,2743	—	—

Въ виду же того, что, на основаніи данныхъ валового анализа изучаемой почвы, намъ извѣстно, сколько содержится въ ней тѣхъ или другихъ соединеній,—не трудно теперь вычислить, сколько потеряла данная почва каждаго изъ этихъ элементовъ въ $^0/_0$—подъ вліяніемъ растворимыхъ продуктовъ разложенія листьевъ молодыхъ и опадающихъ, а именно:

	Въ 1 kgr. почвы содержится въ gr. (см. стр. 159).	Почва, покр. молод. листьями, потеряла въ $^0/_0$.	Почва, покр. опадающ. листьями, потеряла въ $^0/_0$.
	gr.	$^0/_0$	$^0/_0$
SiO_2	661,1	0,11	0,16
CaO	19,2	62,15	29,12
MgO	8,1	43,18	15,10
P_2O_5	1,7	14,17	1,43
$Al_2O_3+Fe_2O_3$ . . .	140,0	11,83	0,98
K_2O	21,7	9,14	1,87

Анализъ на гумусъ показалъ, что

	% гумуса.
1) въ почвѣ, покрытой молодыми листьями, спустя 5 мѣс. оказалось	7,71
2) въ почвѣ, покрытой опадающими листьями, спустя 5 мѣс. оказалось	8,11
(передъ началомъ опыта — въ почвѣ было гумуса.	9,89)

Обращая прежде всего наше вниманіе на количества найденнаго перегноя, мы должны будемъ придти къ тому заключенію, во-1-хъ, что тотъ или иной химическій составъ и характеръ разлагающейся растительной массы, повидимому, не сказывается сколько-нибудь замѣтнымъ образомъ на степени потери данной почвой части своего гумуса (путемъ процессовъ разложенія или выщелачиванія), такъ какъ найденная разница (0,4%),—принимая въ соображеніе характеръ постановки описываемыхъ опытовъ,—является, несомнѣнно, въ предѣлахъ погрѣшности анализа, и во-2-хъ, что вообще дѣйствіе въ указанномъ направленіи растворимыхъ продуктовъ разложенія растительныхъ остатковъ, можно сказать, ничѣмъ не отличается отъ аналогичнаго дѣйствія уже чистой воды. Припомнимъ, что при безпрерывномъ промываніи данной почвы въ теченіе 5 мѣс. водой, мы нашли въ ней, въ концѣ опыта,— 8,09% гумуса, т.-е. цифру, можно считать, равную приведенной выше.

Такимъ образомъ, деградаціонныя явленія подъ вліяніемъ вмываемыхъ продуктовъ разложенія органическаго вещества сказываются, вѣроятно, прежде всего на обѣднѣніи почвы зольными соединеніями. Уменьшеніе же въ ней при этихъ процессахъ перегноя идетъ тѣмъ же темпомъ (по крайней мѣрѣ— въ первыя стадіи) какъ и при сквозномъ промываніи чистой водой (нѣсколько ниже мы найдемъ данному факту новое подтвержденіе). Быть можетъ, явленіе это зависитъ отъ того, что вмываемые въ почву кислые продукты разложенія, создавая неблагопріятную среду для разложенія перегноя—тѣмъ самымъ препятствуютъ обѣднѣнію почвы этимъ веществомъ.

Если же мы теперь обратимся къ цифрамъ, характеризующимъ обѣднѣніе данной почвы зольными соединеніями, то можемъ, наоборотъ, убѣдиться, какую громадную роль играетъ въ упомянутыхъ процессахъ почвы именно—составъ отмирающей растительности: чѣмъ большее количество зольныхъ соединеній послѣдняя содержитъ и, въ частности, чѣмъ большее количество находится въ ея золѣ щелочно-земельныхъ основаній, тѣмъ, какъ показываютъ цифры, медленнѣе и слабѣе протекаетъ процессъ деградаціи, вызываемый вмываемыми въ почвенные горизонты растворимыми продуктами разложенія этой растительности. Хотя тѣ или другія опредѣленныя заключенія, вытекающія изъ описанныхъ выше опытовъ, относятся, строго говоря, лишь къ данному растительному объекту, тѣмъ не менѣе, въ извѣстной своей долѣ, они могутъ быть перенесены въ природную обстановку и на другіе различные растительные остатки. Дѣйствительно, если существуетъ, доказанная при томъ опытомъ, прямая связь между составомъ этихъ остатковъ и ихъ, такъ сказать, деградирующей способностью, то этимъ до нѣкоторой степени освѣщается вопросъ о значеніи въ генезисѣ такихъ почвъ, какъ деградированные черноземы, лѣсныя земли, подзолистыя и т. п.— не только ближайшаго химическаго состава отмирающихъ растительныхъ остатковъ, но и количества послѣднихъ, т.-е., густоты стоянія травянистыхъ растеній, или плотности насажденія и т. п. Съ этой точки зрѣнія — деградація, напр., чернозема, отнюдь не имѣетъ единственнымъ своимъ источникомъ именно лѣсную растительность. Процессъ этотъ можетъ вызываться любой растительностью, лишь бы налицо было достаточное количество атмосферныхъ осадковъ, способныхъ промывать данную почву, и соотвѣтствующій составъ отмирающихъ растительныхъ остатковъ [1]). Мы видѣли нѣсколько

[1]) Участія въ этомъ процессѣ самой почвы (т.-е. ея физико-механическаго и химическаго состава) я пока не касаюсь.

выше, что даже чистая вода (но при непремѣнномъ условіи— систематическаго сквозного промыванія ею почвы) можетъ вызывать аналогичныя же реакціи въ послѣдней; а такъ какъ въ природѣ, въ естественныхъ условіяхъ, въ почву поступаютъ съ атмосферными водами неизбѣжно именно растворы (въ томъ числѣ такіе, которые и являются продуктомъ разложенія остатковъ растительности) то, при наличности указанныхъ выше условій, мы можемъ встрѣтиться съ деградаціонными явленіями—въ любомъ физико-географическомъ районѣ и подъ любой растительностью [1]). Въ качествѣ подтвержденія этого вывода, сдѣланнаго нами на основаніи лабораторнаго изученія даннаго вопроса, можно привести хотя бы тотъ фактъ, что, не такъ давно, генезисъ подзолистыхъ, напр., почвъ [2]) ставили непремѣнно въ связь съ лѣсами (въ виду казавшейся пріуроченности этихъ почвъ именно къ лѣснымъ районамъ); въ настоящее время подробное изученіе районовъ распространенія этихъ почвъ показало, что процессы оподзоливанія наблюдаются далеко и внѣ лѣсныхъ областей, и что они являются процессами, до нѣкоторой степени, космополитическими [3]).

Если процессы деградаціи, являются такимъ образомъ, результатомъ воздѣйствія на почву растворимыхъ продуктовъ

---

[1]) Исходнымъ пунктомъ излагаемыхъ въ данной главѣ опытовъ является полное отождествленіе нами двухъ понятій—„подзолитость" и „выщелоченность"; а потому мы всецѣло присоединяемся къ проф. П. Земятченскому, который, съ этой точки зрѣнія, и объединилъ впервые въ одну генетическую группу подзолы и солонцы (См. „Пады"; 1894, стр. 163) и тѣмъ самымъ разъяснилъ намъ химизмъ процессовъ, напр., осолоненія орошаемыхъ участковъ и т. п. (см. работы Hilgard'a, Костычевской Опытной Станціи и др.). Попытка-же г. Тумина („Журн. Оп. Агр.", 1911) рѣзко разграничить два указанныхъ выше понятія, намъ представляется неосновательной.

[2]) Т.-е. почвъ съ весьма рѣзко-выраженными деградаціонными явленіями.

[3]) Въ нашей лабораторіи разрабатываются въ настоящее время анализы нѣкоторыхъ дренируемыхъ почвъ, которые (анализы) показали наличность въ этихъ почвахъ типичныхъ деградаціонныхъ явленій. Фактъ этотъ необходимо, быть можетъ, учитывать при сужденіи о плодородіи упомянутыхъ почвъ.

разложенія растительныхъ остатковъ, то естественно ожидать, что поверхностный слой почвы, т.-е. тотъ слой, который прежде всего и приходитъ въ соприкосновеніе съ упомянутыми продуктами, и долженъ былъ бы всего энергичнѣе разлагаться послѣднимъ. Обращаясь къ примѣрамъ далеко зашедшихъ деградаціонныхъ явленій въ почвѣ, а именно къ явленіямъ подзолообразованія, мы, на основаніи существующихъ анализовъ подзолистыхъ почвъ, дѣйствительно убѣждаемся, что въ суглинистыхъ и глинистыхъ почвахъ, наиболѣе разложеннымъ и оподзоленнымъ является именно горизонтъ *A* [1]). Между тѣмъ, тѣ же анализы показываютъ намъ, что по отношеніи къ песчанымъ и супесчанымъ подзолистымъ почвамъ — наблюдается совершенно обратная картина, т.-е., сравнительно бо́льшая оподзоленность горизонта *B*, и малая — горизонта *A*. Проф. К. Глинка [2]) объясняетъ этотъ фактъ тѣмъ, что нѣкоторыя минеральныя производныя перегнойныхъ кислотъ энергичнѣе дѣйствуютъ самой кислоты, а таковыя производныя могутъ лишь получиться въ поверхностныхъ горизонтахъ, а дѣйство вать имъ придется уже въ болѣе глубокихъ слояхъ. Кромѣ того, проф. К. Глинка указываетъ, что вообще скопленіе сколько-нибудь замѣтныхъ количествъ мало подвижныхъ соединеній гуминовой кислоты задерживаетъ химическое разложеніе тѣхъ горизонтовъ, гдѣ эти соединенія скопляются. Наконецъ, указывая на то, что при анализахъ подзолистыхъ горизонтовъ суглинистыхъ и глинистыхъ почвъ весьма трудно отобрать мелкія зернышки ортштейновыхъ скопленій, на которыя соляная кислота прежде всего и направляетъ свое разлагающее дѣйствіе, цитируемый авторъ вообще склоняется къ тому выводу, что именно меньшая разложенность и оподзоленность поверхностныхъ горизонтовъ сравнительно съ болѣе

---

[1]) См., напр., анализы проф. Сорокина (Тр. Общ. Естествоисп. при Казанск. Унив., XXXI, вып. V).

[2]) К. Глинка. Почвовѣдѣніе, 1908, стр. 407.

глубокими и должна, повидимому, считаться наиболѣе естественнымъ и нормальнымъ явленіемъ.

Этотъ интересный вопросъ подвергъ болѣе близкому разсмотрѣнію и изученію въ нашей лабораторіи студ. А. Трусовъ, который пришелъ нѣсколько къ инымъ результатамъ и, наоборотъ, призналъ наиболѣе естественнымъ процессомъ именно бо́льшую оподзоленность верхняго горизонта *A*. Кажущееся же обогащеніе горизонта *B* кремнекислотой, по сравненію съ *A* и *C*, и одновременное обѣдненіе его другими зольными соединеніями, онъ объясняетъ неточной постановкой перечисленія получаемыхъ анализовъ. Дѣло въ томъ, что въ горизонтѣ *A* всегда имѣется сравнительно большое количество гумуса (до $3^0/_0$), въ горизонтѣ же *B* онъ иногда совершенно отсутствуетъ; кромѣ того въ первомъ изъ упомянутыхъ слоевъ наблюдается большее количество гигроскопической и химически-связанной воды; наконецъ, въ немъ констатируется избытокъ многихъ солей, по сравненію съ материнской породой. Всѣ эти факторы, - для выясненія истиннаго хода процессовъ оподзоливанія конечно, нельзя при перечисленіи принимать во вниманіе. Исключая изъ существующихъ валовыхъ анализовъ вліяніе всѣхъ этихъ моментовъ и перечисляя соотвѣтствующимъ образомъ количество SiO_2—студ. А. Трусовъ, дѣйствительно, получилъ такіе результаты, которые не оставляютъ сомнѣнія въ томъ, что растворимые продукты разложенія растительныхъ остатковъ, проникая въ почву, начинаютъ свое разлагающее дѣйствіе сейчасъ же въ поверхностномъ горизонтѣ, деградируя этотъ послѣдній въ неменьшей степени, чѣмъ и нижележащій. Приведу для примѣра нѣкоторыя изъ такихъ перечисленій, сдѣланныхъ студ. А. Трусовымъ.

Существующій, напр., валовой анализъ супесчанаго подзола Тихвинск. у., Новг. губ. [1]) показываетъ, что въ верх-

[1]) „Мат. по изученію русскихъ почвъ", XIII.



немъ горизонтѣ процесъ оподзоливанія повидимому совершенно отсутствуетъ:

	Гигр. вода.	Потеря при прокалив.	Гумусъ.	CaO	MgO	Al_2O_3	Fe_2O_3	SiO_2	P_2O_5
Гориз. A.	1,22	5,86	2,8	1,24	0,4	7,47	1,95	86,06	0,09
„ B.	0,24	0,9	0,3	0,8	0,24	4,81	0,68	91,5	0,06
„ C.	0,97	2,4	—	1,05	0,348	7,38	1,65	86,5	слѣды

Если же устранить маскирующія вещества, вычтя ихъ для горизонта *A* изъ 100%: [5,86 (потеря при прокаливаніи) + 0,28 (10% минеральн. вещ. въ гумусѣ) + 0,71 (P_2O_5 лишней въ гор. *A* по сравненію съ *C*, также лишней Fe_2O_3 и т. д.)], то получимъ 93,15%, къ которымъ и надо относить количество SiO_2 въ гориз. *A*.

Вычтя далѣе изъ 100% потерю при прокаливаніи гор. *B* и 10% минеральныхъ солей органоминеральныхъ соединеній— получаемъ истинное количество SiO_2 для этого горизонта. Такимъ образомъ, минеральной части будетъ 100% — (0,9 + 0,03) = = 99,07%.

Для полученія, наконецъ, истиннаго количества SiO_2 въ гориз. *C*,—ее надо перечислить на 100% — 2,4%, т.-е., на 97,6%.

Сдѣлавъ подобныя перечисленія для SiO_2 получаемъ слѣдующіе результаты:

	Содержаніе SiO_2. Прежде.	Теперь.
	%	%
Гор. *A*	86,06	92,38
„ *B*	91,5	92,36
„ *C*	86,5	87,60

Т.-е. мы видимъ, что энергія кислотнаго вывѣтриванія гориз. *A* не меньшая, чѣмъ въ *B*.

Подобныя же перечисленія для другихъ анализовъ показываютъ аналогичную картину:

Суглинистый подзолъ [1])

Содержаніе SiO_2

	Прежде %	Теперь %
Гориз. *A*	76,6	80,11
„ *B*	78,214	79,61
„ *C*	70,204	72,53

Другой образецъ суглинистаго подзола [2]).

Содержаніе SiO_2

	Прежде %	Теперь %
Гориз. *A*	81,62	84,73
„ *B*	80,97	82,70
„ *C*	76,02	78,31

Чѣмъ съ болѣе тяжелой почвой мы имѣемъ дѣло, тѣмъ большую разницу въ энергіи оподзаливанія замѣчаемъ мы между гор. *A* и *B*.

Такая же картина получается, если мы обратимся къ разсмотрѣнію количества выщелоченныхъ солей изъ оподзоленнаго горизонта. Разсматривая послѣднія три таблички, можно видѣть, что количество солей въ гориз. *A* и *B* одинаковое, или же въ *A* ихъ даже меньше; а именно (вычитая количество SiO_2 изъ 100%):

		%
Супесчаный подзолъ Новгор. г.	Въ Гориз. *A* солей Калія, Натра, Магнія, Кальція, Алюминія и др.	7,62
	Въ Гориз. *B*	7,64
	„ „ *C*	12,40
Суглинистый подзолъ.	Въ Гориз. *A*	19,89
	„ „ *B*	20,39
	„ „ *C*	27,47

Всѣ эти данныя и нѣкоторыя другія соображенія заставляютъ насъ признать, что вмываемые въ почву растворимые продукты разложенія растительныхъ остатковъ, начинаютъ свое деградаціонное дѣйствіе уже съ самыхъ поверхностныхъ го-

---

[1]) См. Отчетъ СПБ. Химич. Сел. Хоз. Лабораторіи, 1901—1906 г.г.

[2]) „Мат. по изуч. русскихъ почвъ“, XIII.

ризонтовъ ея, безъ различія—съ суглинистыми или супесчаными разностями имѣютъ эти продукты дѣло. Необходимо, впрочемъ, оговориться, что въ случаяхъ супесчаныхъ подзоловъ, мы весьма часто можемъ наблюдать факты механическаго выноса изъ гориз. *A* въ гориз. *B* мельчайшихъ частицъ, что, конечно, можетъ обусловить собой, дѣйствительно, большую оподзоленность этого послѣдняго слоя, въ виду того, что увеличеніе илистыхъ частицъ въ немъ, вызывая извѣстное уплотненіе, и застой кислыхъ продуктовъ разложенія растительныхъ остатковъ, тѣмъ самымъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ будетъ способствовать дѣйствительно болѣе энергичной оподзоленности даннаго горизонта.

Приведемъ механическій анализъ (по Osborn'у) вышеупомянутаго супесчанаго подзола, подтверждающій указанное замѣчаніе:

	Глина %	Илъ %	Песокъ %	Крупноземъ %
Гориз. *A*	11,7	8,9	74,3	5,1
„ *B*	6,6	50,8	35,5	7,1
„ *C*	5,86	16,5	53,4	24,3

II. О процессахъ деградаціи въ различныхъ типахъ почвъ.

Обычно съ понятіемъ деградаціи связано представленіе о процессахъ обѣднѣнія гумусомъ и зольными элементами, вызываемыхъ кислотнымъ вывѣтриваніемъ, именно черноземныхъ почвъ. Но, разсуждая теоретически, мы можемъ отъ самаго „высшаго“ типа чернозема до самаго „низшаго“—типичнаго подзола, провести рядъ постепенныхъ переходовъ, изъ которыхъ каждый по отношенію къ своему сосѣднему болѣе „высшему“ типу, будетъ представлять деградированную почву. Выяснить такую „деградаціонную способность“ различныхъ генетическихъ типовъ почвъ, представляетъ собой крайне интересную задачу. Считаю необходимымъ оговориться, что излагаемые ниже опыты, поставленные мною въ цѣляхъ выясненія упомянутаго вопроса, не могутъ претендовать на полученіе

точно-сравнимыхъ результатовъ, полученныхъ по отношенію къ различнымъ почвамъ. Дѣло въ томъ, что такой существенный моментъ въ деградаціонныхъ процессахъ, какъ время соприкосновенія продуктовъ разложенія растительныхъ массъ съ той или другой почвой, при примѣненномъ мною методѣ просачиванія, не могъ быть подведенъ во всѣхъ случаяхъ къ одному знаменателю, такъ какъ различныя физико-механическія свойства взятыхъ для опытовъ почвъ, естественно обусловливали собой то болѣе медленное, то болѣе ускоренное истеченіе жидкостей, а это, конечно, не могло не отражаться на энергіи изучаемыхъ процессовъ [1]). Тѣмъ не менѣе, по отношенію къ каждому изъ взятыхъ типовъ почвъ, въ отдѣльности, качественная характеристика происходящихъ явленій получилась вполнѣ опредѣленная.

Деградаціонные процессы изучались мною пока на слѣдующихъ типахъ почвъ:

1) На суглинистомъ черноземѣ (Тульской губ.) (по отношенію къ этой почвѣ, цифры анализовъ взяты изъ предыдущаго, описаннаго нами выше, опыта).

2) На деградированномъ суглинистомъ черноземѣ (Тульской губ.).

3) На сѣромъ лѣсномъ суглинкѣ (Рязанской губ.) и

4) на подзолистой суглино-супеси (Витебской губ.).

Ближайшую характеристику всѣхъ этихъ почвъ см. гл. II, стр. 159.

Опыты съ этими почвами были организованы совершенно аналогично тѣмъ опытамъ, которые были нами описаны выше, когда шла рѣчь о зависимости процессовъ деградаціи въ суглинистомъ черноземѣ отъ характера растительныхъ остатковъ. Въ качествѣ растительнаго объекта, служила молодая листва

---

[1]) Впрочемъ, особенно рѣзкой разницы мы не наблюдали, въ виду того, что всѣ взятыя для опытовъ почвы принадлежали, по механическому составу, болѣе или менѣе къ одному типу, а именно, къ типу суглинистыхъ почвъ.

дуба (см. ея составъ выше), какъ обладающая болѣе энергичными деградаціонными свойствами (200 gr. листвы и 1 kgr. почвы). Отдѣльнаго сосуда съ листвой, для изученія того, что выщелачиваетъ изъ послѣдней вода, мы не ставили, а пользовались опять-таки соотвѣтствующими цифрами предыдущаго опыта. Параллельно тремъ сосудамъ, включавшимъ въ себѣ почву съ лиственнымъ покровомъ (въ качествѣ четвертаго такого же сосуда, служилъ сосудъ съ суглинистымъ черноземомъ предыдущаго опыта) поставлены были три сосуда, наполненные одной почвой, для изученія того, что вымываетъ изъ данныхъ почвъ дистиллированная вода. Опыты продолжались около 5 мѣсяцевъ. Воды для промыванія было употреблено во всѣхъ случаяхъ 12 литровъ.

Перейдемъ прямо къ полученнымъ даннымъ, и прежде всего обратимъ вниманіе на тѣ измѣненія, которыя произошли во взятыхъ почвахъ —

А) подъ вліяніемъ долговременнаго сквозного промыванія водой.

Количество гумуса въ % [1]):

	Передъ началомъ опытовъ	Спустя 5 мѣсяцевъ	Почва потеряла гумуса:
Черноземъ	9,89	8,09	1,80
Деградиров. черноземъ	7,33	4.24	3,09
Лѣсной суглинокъ	3,61	2,81	0,80
Подзолист. сугл.-супесь	2,12	1,71	0,41

[1]) Приводимыя въ этой таблицѣ цифры гумуса, полученныя непосредственнымъ анализомъ данныхъ почвъ по способу Густавсона, какъ видимъ, снова не совпадаютъ съ тѣми цифрами, которыя должны были бы получиться путемъ соотвѣтствующаго вычисленія (см. слѣдующую таблицу, гдѣ приведено количество вымытыхъ водой органическихъ соединеній изъ 1 kgr. почвы). Согласно этому вычисленію мы должны были бы констатировать въ деградированномъ черноземѣ не 4,24% гумуса, а около 5,12% (исходя изъ того соображенія, что изъ 1 kgr. почвы, содержащей въ себѣ 73,3 gr. перегноя, вода выщелочила 22,1006 gr. органич. соединеній), въ лѣсномъ суглинкѣ не 2,81%, а 3,30%, и, наконецъ, въ подзолистой суглино-супеси не 1,71%, а 2,05%. Относительно чернозема мы уже говорили выше, что разница получилась еще болѣе крупная (вмѣсто 9,08%

Количество вымытыхъ зольныхъ соединеній:
Въ 10 литрахъ просочившагося раствора изъ 1 kgr. почвы содержится (въ gr.).

	Черноземъ	Деградир. черн.	Лѣсной с.	Подз. сугл.-суп.
SiO_2	слѣды	сл.	—	сл.
CaO	4,0473	1,8326	0,2130	0,0526
MgO	1,0335	0,6345	0,1748	0,0475
P_2O_5	0,0030	0,0012	сл.	сл.
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	0,0011	0,0014	сл.	сл.
K_2O	0,0125	0,0045	0,0020	сл.
Органич. вещ.	8,1311	22,1006	3,1703	0,7211

Принимая же во вниманіе валовой составъ всѣхъ этихъ почвъ (см. гл. II, стр. 159), мы видимъ, такимъ образомъ, что вода выщелочила изъ нихъ въ % отъ первоначальнаго количества:

	Черноземъ	Деград. черн.	Лѣсной с.	Подз. сугл.-суп.
	%	%	%	%
SiO_2	сл.	сл.	—	сл.
CaO	21,07	14,43	3,18	1,88
MgO	12,75	10,94	3,72	2,16
P_2O_5	0,17	0,10	сл.	сл.
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	0,0008	0,0014	сл.	сл.
K_2O	0,057	0,032	0,018	сл.

Прежде чѣмъ заняться разсмотрѣніемъ этихъ цифръ,—

В) Обратимся сначала къ составу тѣхъ растворовъ, которые вытекали изъ почвъ, покрытыхъ разлагающейся растительной массой.

найдено анализомъ 8,09% гумуса). Всѣ полученныя разницы можно было бы, конечно, отнести на счетъ разложившагося за время опытовъ перегноя, (непосредственный анализъ все время показывалъ меньшее количество гумуса въ почвѣ, чѣмъ слѣдовало бы ожидать на основаніи вычисленій), но естественнѣе объяснить ихъ, вѣроятно, погрѣшностью анализовъ,—особенно принимая во вниманіе характеръ обстановки, въ которой велись описываемые опыты.

Въ 10 литрахъ просочившагося раствора изъ 1 kgr. почвы содержится (въ gr.)

	Черноземъ	Деградиров. черноз.	Лѣсн. сугл.	Подзол. сугл.-суп.
	gr.	gr.	gr.	gr.
SiO_2	0,9087	0,4077	0,8503	0,1801 (?)
CaO	18,3202	9,2857	2,9470	2,4545
MgO	5,1645	2,7098	1,0447	0,7412
P_2O_5	0,3826	0,2371	0,1462	0,1427
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	16,6044	11,3812	0,6757	0,0397 (?)
K_2O	2,6603	1,2392	0,8020	0,7592
Орган. вещ.	35,0291	50,0017	30,1213	29,0001

Произведя соотвѣтствующія вычисленія, (аналогично тому, какъ мы сдѣлали въ предыдущихъ опытахъ), получаемъ [1]):

	Черноземъ.		Деградир. черн.		Лѣсной сугл.		Подзол. сугл. стп.	
	Сумма веществъ въ растворахъ изъ почвы и изъ листвы	Въ растворѣ изъ комбинир. сосуда находится больше на	Сумма.	Въ растворѣ изъ комбинир. сосуда находится больше на	Сумма.	Въ растворѣ изъ комбинир. сосуда находится больше на	Сумма.	Въ растворѣ изъ комбинир. сосуда находится больше на
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
SiO_2	0,1815	0,7272	0,1815	0,2262	0,1815	0,6688	0,1815	—
CaO	6,3874	11,9328	4,1727	5,1130	2,5531	0,3939	2,3927	0,0618
MgO	1,6670	3,4975	1,2680	1,4418	0,8083	0,2361	0,6810	0,0602
P_2O_5	0,1416	0,2410	0,1398	0,0973	0,1386	0,0076	0,1386	0,0041
$Al_2O_3+Fe_2O_3$.	0,0424	16,5620	0,0427	11,3385	0,0413	0,6844	0,0413	—
K_2O	0,6748	1,9855	0,6668	0,5724	0,6643	0,1377	0,6623	0.0969
Органич. вещ.	37,1353	—	51,1048	—	32,1745	—	29,7253	—

[1]) Составъ раствора, вытекающаго изъ разлагающихся листьевъ дуба, см. предыдущіе опыты.

Комбинированнымъ сосудомъ названъ въ прилагаемой таблицѣ для краткости тотъ сосудъ, въ которомъ находилась почва съ лиственнымъ покровомъ.

Въ первой графѣ названія каждой почвы приведена сумма веществъ, выведенная изъ сложенія количества веществъ, находящихся въ водномъ растворѣ изъ дубовыхъ листьевъ съ количествомъ тѣхъ же веществъ, находящихся въ водномъ растворѣ изъ соотвѣтствующей почвы.

Принимая во вниманіе валовой первоначальный составъ всѣхъ этихъ почвъ (гл. II, стр. 159), мы, въ окончательномъ итогѣ, получаемъ слѣдующее количество различныхъ зольныхъ соединеній, потерянныхъ почвами, подъ вліяніемъ растворимыхъ продуктовъ разложенія дубовыхъ листьевъ, въ %:

Почва, покрытая листвою, потеряла въ %

	Черноземъ	Деградир. черн.	Лѣсной сугл.	Подзол. сугл.-суп.
SiO_2	0,11	0,03	0,08	?
CaO	62,15	40,26	5,88	2,21
MgO	43,18	24,86	5,03	2,74
P_2O_5	14,17	8,11	1,52	2,05
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	11,83	11,16	0,88	?
K_2O	9,14	4,06	1,23	0,85

Непосредственный анализъ на гумусъ (спос. Густавсона) показалъ:

	Черноз.	Деград. ч.	Лѣсн. сугл.	Подз. сугл.-суп.
Въ почвѣ, покрытой листвою спустя 5 мѣс. оказалось	7,71	4,70	2,69	1,91
Въ почвѣ безъ листвен. покрова, подъ вліяніемъ промыванія чистой водой, спустя 5 мѣс. оказалось (см. стр. 257)	8,09	4,24	2,81	1,71
Передъ началомъ опытовъ было (см. стр. 159)	9,89	7,33	3,61	2,12

Прежде чѣмъ дѣлать тѣ или другіе выводы изъ всѣхъ вышеприведенныхъ аналитическихъ данныхъ, необходимо оговориться, что въ виду отсутствія въ литературѣ какихъ-либо аналогичныхъ данныхъ и фактовъ—представляется чрезвычайно труднымъ и рискованнымъ дѣлать какія-либо вполнѣ законченныя и опредѣленныя заключенія въ интересующей насъ области. Особенно затруднительнымъ является провести связь между химическимъ составомъ той или другой почвы и степенью ея деградаціонной, такъ сказать, склонности. Правда, изъ наблюденій, произведенныхъ непосредственно въ природѣ, мы имѣемъ нѣкоторыя указанія на то, что, напр., мергелистыя породы оподзоливаются слабѣе породъ, не содержащихъ

$CaCO_3$, что объясняется тѣмъ, что именно на $CaCO_3$ прежде всего направляютъ свое разлагающее дѣйствіе подвижныя перегнойныя кислоты; далѣе, есть основаніе предполагать, что породы, очень богатыя окислами желѣза, также оподзоливаются медленно и слабо. Проф. К. Глинка [1]), въ качествѣ иллюстраціи къ этимъ двумъ положеніямъ, указываетъ на районы развитія верхняго валуннаго мергеля въ Германіи, на лёссовые районы Царства Польскаго, на примѣры слабаго сравнительно оподзоливанія красноцвѣтныхъ суглинковъ Псковской губ. и т. п. Но чтобы выяснить, даже эти частные вопросы, путемъ экспериментальнымъ, требуется произвести массовые анализы, притомъ — при весьма трудной обстановкѣ самыхъ опытовъ. Я уже указывалъ выше на одинъ факторъ, который можетъ легко затемнить получаемые результаты,—это та или другая водопропускающая способность почвъ, обусловливающая собой опредѣленную продолжительность соприкосновенія съ послѣдней подвижныхъ продуктовъ разложенія растительныхъ остатковъ. Далѣе, можно указать на присутствіе въ той или другой почвѣ цѣлаго ряда такихъ моментовъ, которые будутъ то способствовать деградирующей дѣятельности притекающихъ растворовъ, то, наоборотъ, парализовать ее и т. п. Выдѣлить всѣ эти моменты и учесть роль каждаго изъ нихъ въ отдѣльности представляетъ собой вопросъ пока чрезвычайной трудности.

Принимая въ соображеніе сдѣланную нами оговорку и возвращаясь теперь къ вышеизложеннымъ анализамъ, мы можемъ, все-таки, на основаніи ихъ, сдѣлать слѣдующія заключенія общаго характера:

1) во всѣхъ взятыхъ для опытовъ типахъ почвъ наблюдаются процессы деградаціи уже при воздѣйствіи на нихъ чистой воды (при необходимомъ, конечно, условіи—сквозного промыванія и уноса, такимъ образомъ, образующихся продук-

---

[1]) К. Глинка. Почвовѣдѣніе, 1908, стр. 400.

товъ изъ сферы взаимодѣйствія другъ съ другомъ), т.-е. наблюдаемъ при этомъ обѣднѣніе почвъ гумусомъ и бо̀льшею частью зольныхъ соединеній [1]).

А) Что касается потери почвами, въ этихъ условіяхъ, своихъ перегнойныхъ соединеній, то бросается въ глаза сравнительно сильное обѣднѣніе этими веществами деградированнаго чернозема (на 3,09%); типичный же черноземъ потерялъ значительно меньше (1,80%); весьма малую потерю гумуса наблюдаемъ мы у лѣсного суглинка (0,80%) и, наконецъ, еще меньшую у подзолистой суглино-супеси (0,41%). Получается такое впечатлѣніе, что черноземная почва, съ точки зрѣнія возможной потери ею части своего перегноя путемъ деградаціи, является наиболѣе константнымъ объектомъ; но разъ нарушена эта константность, разъ какія-либо (во всякомъ случаѣ—рѣзкія) внѣшнія условія толкнули этотъ типъ почвы по пути деградаціи, послѣдняя проявляться начинаетъ уже быстрыми и энергичными реакціями,—однако до извѣстнаго предѣла, когда тѣ же самыя условія оказываются уже безсильными проявить въ данной почвѣ мало-мальски существенныя измѣненія. Если мы вспомнимъ, что въ концѣ II-ой главы настоящей работы мы приводили доводы въ пользу существованія опредѣленнаго предѣла и „реградаціонныхъ“ явленій въ почвахъ, т. е., извѣстнаго предѣла насыщенія послѣднихъ гумусомъ,—то нельзя не отмѣтить полной логической связи между двумя подмѣченными фактами. Большой интересъ представляло бы собой изслѣдованіе хода уменьшенія перегнойныхъ веществъ въ томъ или другомъ типѣ почвъ подъ вліяніемъ промыванія водой — по отдѣльнымъ періодамъ времени, а не въ окончательномъ итогѣ, какъ это имѣло мѣсто

---

[1]) Полученные растворы нельзя, конечно, отождествлять съ обыкновенными, практикуемыми въ лабораторіяхъ, водными вытяжками: какъ время соприкосновенія почвы съ водой, такъ и характеръ взаимодѣйствія послѣднихъ другъ съ другомъ здѣсь совершенно иные.



въ нашихъ опытахъ; тогда можно было бы слѣдить и за постепеннымъ ходомъ интересующаго насъ процесса въ каждомъ изъ взятыхъ типовъ почвъ.

B) Что касается потери взятыми почвами своихъ зольныхъ соединеній подъ вліяніемъ сквозного промыванія водой, то здѣсь мы наблюдаемъ нѣсколько иную картину, а именно: наибольшее количество выщелачиваемыхъ минеральныхъ соединеній приходится на долю чернозема (особенно много CaO и MgO), и чѣмъ съ болѣе „низшимъ“ типомъ мы имѣемъ дѣло, тѣмъ меньшія сравнительно количества этихъ веществъ приходится открывать въ стекающихъ растворахъ. Въ этомъ отношеніи наиболѣе константными единицами являются, слѣдовательно, „низшіе“ типы почвъ.

Такимъ образомъ, деградаціонныя явленія въ типичныхъ черноземныхъ почвахъ сказываются, на сколько можно судить по вышеизложеннымъ опытамъ, прежде всего на процессахъ потери ими части минеральныхъ веществъ; что же касается обѣднѣнія ихъ при этомъ перегнойными соединеніями, то явленіе это, повидимому, идетъ значительно болѣе медленнымъ темпомъ. Этимъ, быть можетъ, придется объяснить себѣ и упомянутый мною выше фактъ, что при массовыхъ сравнительныхъ анализахъ на гумусъ почвъ изъ подъ искусственныхъ Велико-Анадольскихъ посадокъ и съ сосѣдней открытой степи—мнѣ не пришлось ни разу встрѣтиться съ явленіемъ обѣднѣнія чернозема гумусомъ.

Въ деградированныхъ же черноземахъ, при наличности внѣшнихъ благопріятныхъ къ тому условій,—обѣднѣніе ихъ перегноемъ и зольными соединеніями идетъ, повидимому, одновременно, притомъ сравнительно легко и быстро. Наконецъ, метаморфозъ въ указанномъ смыслѣ лѣсныхъ суглинковъ, а тѣмъ болѣе подзолистыхъ почвъ представляется намъ, на основаніи вышеприведенныхъ данныхъ, процессомъ въ высшей степени затрудненнымъ и медленнымъ.

2) Если мы обратимъ теперь вниманіе на тѣ измѣненія, которыя произошли во всѣхъ, взятыхъ для опыта, почвахъ подъ вліяніемъ воздѣйствія притекающихъ сверху растворимыхъ продуктовъ разложенія растительныхъ остатковъ, то встрѣтимся съ характерными признаками деградаціи опять-таки во всѣхъ, взятыхъ для опытовъ, типахъ почвъ. Но при этомъ замѣчаемъ нѣкоторыя любопытныя особенности:

А) Зольныя соединенія оказываются вымытыми изъ всѣхъ типовъ почвъ въ бóльшихъ количествахъ, чѣмъ при обработкѣ ихъ чистой водой; при этомъ разница эта тѣмъ существеннѣе, чѣмъ съ болѣе „высшимъ“ типомъ почвы мы имѣемъ дѣло; такъ, въ черноземной почвѣ указанная разница по отношенію почти къ каждому соединенію выражается весьма значительными цифрами; въ деградированномъ черноземѣ она уже значительно меньше; весьма малыми величинами сказывается она въ опытахъ съ лѣснымъ суглинкомъ, и, наконецъ, въ подзолистой суглино-супеси, по отношенію къ нѣкоторымъ отдѣльнымъ зольнымъ соединеніямъ, разницы этой мы даже и не замѣчаемъ. Конечно, при болѣе продолжительномъ времени операціи промыванія почвы—разница быть можетъ и здѣсь сказалась бы болѣе существенными цифрами; но необходимо подчеркнуть, при возможномъ перенесеніи указанныхъ выводовъ въ природу, тотъ фактъ, что, несмотря на сравнительно короткій промежутокъ нашихъ наблюденій (5 мѣсяцевъ), все же въ этихъ опытахъ умышленно введенъ былъ нами рядъ такихъ моментовъ, которые должны были бы, ради наглядности получаемыхъ результатовъ, именно форсировать изучаемые процессы (вспомнимъ, напр., соотношеніе между количествомъ взятой почвы (1 kgr.) и количествомъ растительной массы (200 gr.), или количество воды, примѣненной для промыванія и т. п.); такимъ образомъ, въ природѣ, при естественныхъ условіяхъ, гдѣ соотношеніе между всѣми упомянутыми моментами представляется въ большинствѣ случаевъ совершенно въ иномъ

видѣ, тамъ вообще мы должны, вѣроятно, ожидать, даже по отношенію къ типичнымъ черноземамъ, что деградаціонное дѣйствіе растворимыхъ продуктовъ разложенія растительныхъ остатковъ не рѣзко будетъ отличаться отъ соотвѣтствующаго дѣйствія чистой воды.

В) Что касается перегнойныхъ соединеній, то во всѣхъ взятыхъ почвахъ мы наблюдаемъ одну и ту же картину: подъ вліяніемъ притекающихъ сверху растворимыхъ продуктовъ разложенія растительныхъ остатковъ почва теряетъ перегноя (при прочихъ равныхъ условіяхъ) столько же, сколько теряетъ она (путемъ разложенія и выщелачиванія) при сквозномъ промываніи ея чистой водой, такъ какъ разница, найденная нами въ обоихъ случаяхъ, отклоняющаяся то въ ту, то въ другую сторону, не выходитъ за предѣлы ошибки анализовъ.

Такимъ образомъ, и изъ этихъ опытовъ мы убѣждаемся, что главное деградаціонное дѣйствіе сказывается подъ вліяніемъ растворимыхъ продуктовъ разложенія, вмываемыхъ въ почву, именно на зольныхъ соединеніяхъ почвы—на эти послѣднія они прежде всего и направляютъ свое растворяющее вліяніе. Что же касается перегноя, то процессъ обѣднѣнія имъ почвы, при описываемыхъ явленіяхъ, какъ бы запаздываетъ и протекаетъ съ той же энергіей и послѣдовательностью, какъ если бы почва промывалась все время лишь чистой водой.

Описанными опытами я заканчиваю изложеніе тѣхъ результатовъ, которые добыты мною при лабораторномъ изученіи какъ характера и свойствъ мертвыхъ растительныхъ остатковъ, такъ и той роли, которую призваны играть въ процессахъ почвообразованія растворимые продукты разложенія этихъ остатковъ.

Конечно, всѣ приведенные выше опыты имѣли своей задачей выяснить, по мѣрѣ возможности, лишь нѣкоторыя отдѣльныя стороны затронутаго, весьма обширнаго по своему

содержанію, вопроса и представить лишь общую картину изучаемыхъ, весьма, какъ мы видѣли выше, сложныхъ явленій. Экспериментальная разработка большинства изъ затронутыхъ настоящей работой вопросовъ является въ настоящее время настолько еще незначительной (а чаще она и совсѣмъ отсутствуетъ), что сколько-ниб. исчерпывающій матеріалъ въ интересующей насъ области можетъ быть представленъ еще очень не скоро, притомъ — путемъ, конечно, лишь совмѣстныхъ усилій представителей различныхъ спеціальностей агрономическаго знанія, такъ какъ многія стороны даннаго вопроса требуютъ для себя, какъ мы видѣли выше, не только химическаго но и физіологическаго и бактеріологическаго освѣщенія.

Придерживаясь - же намѣченныхъ общихъ рамокъ, мы, резюмируя теперь результаты всѣхъ приведеныхъ выше наблюденій и опытовъ, можемъ сдѣлать пока слѣдующія обобщенія:

1) Мертвые растительные покровы („лѣсная подстилка“, „степной войлокъ“ и т. п.), являясь посредствующимъ звеномъ между атмосферой и почвой, призваны играть весьма важную роль въ ходѣ всѣхъ тѣхъ физическихъ и химико-біологическихъ процессовъ, которыми живутъ дневные горизонты послѣдней.

2) Непосредственное изученіе водныхъ свойствъ различныхъ образцовъ лѣсныхъ подстилокъ и степного войлока (ихъ влагоемкости, водопроводимости, испаряемости и капиллярныхъ явленій) показываетъ, что объекты эти, даже при наличности неблагопріятныхъ внѣшнихъ условій, способствуютъ въ значительной степени сохраненію влаги въ поверхностныхъ горизонтахъ почвы.

3) Ближайшимъ и непосредственнымъ источникомъ перегнойныхъ веществъ въ почвѣ являются растворимые въ водѣ продукты разложенія растительныхъ остатковъ.

4) Въ составъ этихъ продуктовъ входятъ между прочимъ

и такія органическія соединенія, которыя являются неотъемлемой составной частью почвеннаго гумуса, т.-е., гуминовая, креновая и апокреновая кислоты.

5) Энергія и характеръ отщепленія водно-растворимыхъ соединеній изъ разлагающихся растительныхъ остатковъ находится въ прямой и непосредственной связи съ внѣшними условіями t° и увлажненія разлагающагося матеріала:

a) чѣмъ въ болѣе благопріятныхъ условіяхъ находится разлагающійся матеріалъ — тѣмъ меньшее количество отщепляется изъ него растворимыхъ въ водѣ органическихъ соединеній; по отношенію къ соединеніямъ зольнаго характера наблюдается обратная картина;

b) Комбинацію недостаточнаго увлажненія и высокой t° надо признать болѣе благопріятной для процессовъ минерализаціи разлагающихся объектовъ, чѣмъ сочетаніе избыточнаго увлажненія и низкой t°.

6) Энергія и характеръ отщепленія водно-растворимыхъ соединеній изъ разлагающихся растительныхъ остатковъ протекаетъ совершенно различно - въ зависимости отъ того, удаляются-ли продукты эти изъ сферы взаимодѣйствія другъ съ другомъ и съ разлагающимся матеріаломъ, или нѣтъ:

a) въ первомъ случаѣ—въ разлагающейся массѣ въ изобиліи накопляются продукты кислаго характера, угнетающіе дальнѣйшій ходъ процессовъ минерализаціи;

b) во-второмъ случаѣ — процессы распада органическаго вещества протекаютъ, наоборотъ, весьма энергично;

c) явленія эти находятся въ связи со степенью потери разлагающимся объектомъ своихъ (главнымъ образомъ, щелочноземельныхъ) основаній.

7) Растворимые въ водѣ органическіе продукты разложенія растительныхъ остатковъ могутъ прочно закрѣпляться почвой.

8) Каждый типъ почвы имѣетъ свой „предѣлъ насыщенія“ гумусомъ.

9) Почвы, весьма бѣдныя гумусомъ, а также и наиболѣе богатыя имъ, лишены способности поглощенія и закрѣпленія органическихъ веществъ.

10) „Реградаціонные“ процессы возможны только у такихъ типовъ почвъ, которые находятся въ болѣе или менѣе близкомъ генетическомъ родствѣ съ черноземомъ.

11) Изученіе процессовъ минерализаціи разлагающагося матеріала по количеству выдѣляющейся CO_2 часто можетъ вести къ ошибочнымъ заключеніямъ.

12) Ближайшее изученіе явленій минерализаціи разлагающагося матеріала при различныхъ условіяхъ t°, увлажненія и пр., показываетъ, что, параллельно процессамъ отщепленія зольныхъ соединеній — въ разлагающейся массѣ могутъ итти одновременно процессы синтетическіе, регенераціонные.

13) Наиболѣе рельефные результаты наблюдаются въ указанномъ смыслѣ по отношенію къ P_2O_5.

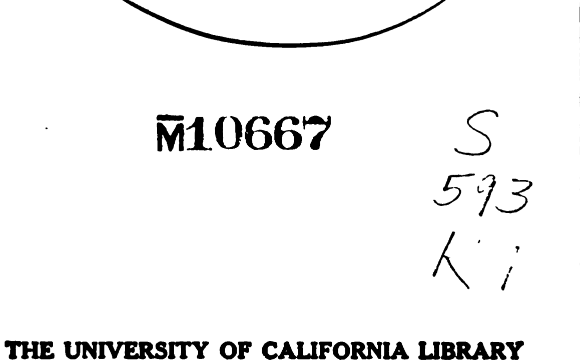
14) Причины такого закрѣпленія P_2O_5 при разлагающемся матеріалѣ, главнымъ образомъ, — біологическаго характера.

15) Деградаціонныя явленія въ почвѣ — вплоть до подзолообразовательныхъ процессовъ, могутъ наблюдаться въ любомъ физико-географическомъ районѣ.

16) Типичныя деградаціонныя реакціи могутъ вызываться въ почвѣ при продолжительномъ сквозномъ промываніи ея уже чистой водой.

17) Съ этой точки зрѣнія — процессы эти могутъ имѣть мѣсто при такихъ сельско-хозяйственныхъ меліораціяхъ, какъ дренажъ почвъ, или, наоборотъ, ихъ орошеніе и т. п.

18) Степень деградированности почвы находится въ тѣсной зависимости отъ химическаго состава накопляющихся на поверхности послѣдней растительныхъ остатковъ.


M10667
S
593
Ki
THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY

